

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет агротехнологій

Кафедра ґрунтознавства та агрохімії

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв
2023

УДК 547
О-64

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 18.05.2023 р., протокол № 9

Укладач:

С. Ю. Кельїна – канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет

Рецензенти:

О. Г. Невинський – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фармації, фармакології, медичної, органічної та біологічної хімії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

В. Г. Миколайчук – канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет

© Миколаївський
національний аграрний
університет, 2023

Зміст

Передмова	4
Модуль 1. Теоретичні основи органічної хімії	
Техніка безпеки під час роботи в хімічній лабораторії	5
Лабораторна робота № 1 (1.1). Техніка лабораторних робіт. Класифікація органічних сполук	8
Лабораторна робота № 2 (1.2). Ізомерія та номенклатура органічних сполук	13
Лабораторна робота № 3 (1.3). Якісний аналіз органічних речовин	19
Модуль 2. Властивості вуглеводнів	
Лабораторна робота № 4 (2.1) Властивості метану	25
Лабораторна робота № 5 (2.2). Властивості алкенів і алкінів	29
Лабораторна робота № 6 (2.3) Реакції заміщення в гомологах бензолу	33
Лабораторна робота № 7 (2.4). Властивості ароматичних сполук	38
Модуль 3. Властивості похідних вуглеводнів	
Лабораторна робота № 8 (3.1). Властивості спиртів	43
Лабораторна робота № 9 (3.2). Властивості фенолу	48
Лабораторна робота № 10 (3.3). Властивості карбонових кислот	52
Лабораторна робота № 11 (3.4). Властивості окси кислот	57
Лабораторна робота № 12 (3.5). Похідні кислот. Властивості жирів	64
Лабораторна робота № 13 (3.6). Властивості амінів і амідів	70
Модуль 4. Властивості біогенних сполук	
Лабораторна робота № 14 (4.1). Властивості вуглеводів. Моно- і дисахариди	77
Лабораторна робота № 15 (4.2). Властивості вуглеводів. Полісахариди	85
Лабораторна робота № 16 (4,3). Властивості амінокислот	89
Лабораторна робота № 17 (4,4). Властивості білків	96
Рекомендована література	105

Передмова

Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з органічної хімії для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 201 «Агрономія» денної форми здобуття вищої освіти.

В практикумі є наскрізна нумерація лабораторних робіт, а в дужках наведена нумерація по модулях.

Кожна лабораторна робота складається з трьох частин. Перша частина – теоретична. Вона призначена для розуміння і вивчення окремих розділів курсу. Друга частина – зміст практичної частини з дослідями. Третя частина – варіанти контрольного письмового опитування, які виконуються самостійно.

Лабораторні роботи оформлюються наступним чином.

Кожну лабораторну роботу починати з нової сторінки, номер і назва роботи відповідає номеру і назві, вказаному у змісті. Далі пишуться:

дата виконання роботи;

– прізвище студента;

практична частина роботи. В ній треба вказувати назву і номер досліду, рівняння реакції (якщо потрібно), розрахунки і особливості проведення досліду, спостереження і висновки.

Під час дистанційної роботи online для більшості дослідів додається посилання на відео, що дозволяє слідкувати за процесом, записувати спостереження і робити висновки.

Вся практична частина повинна займати не більше 1 1,5 сторінок.

Далі виконується варіант письмового опитування. Об'єм роботи 1 1,5 сторінки.

Виконана робота надається (або надсилається) для перевірки викладачу.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

1. Перед проведенням лабораторно-практичних занять студент зобов'язаний детально вивчити відповідну тему за підручником, конспектом лекцій і методичним посібником, знати властивості реактивів і продуктів реакцій, ретельно, якщо необхідно – за допомогою викладача, продумати хід досліджень, з'ясувати можливу небезпеку під час їх проведення і вжити відповідних заходів щодо її запобігання.

2. Працювати самому в лабораторії студенту забороняється. Він може починати роботу тільки в присутності викладача чи лаборантів.

3. У лабораторії забороняється їсти, пити та палити. Після виконання роботи слід обов'язково помити руки та привести до ладу робоче місце.

4. У лабораторії слід дотримуватися порядку розміщення обладнання, апаратури та реактивів. Забороняється виносити реактиви з приміщення, переносити їх з витяжної шафи, де, як правило, розміщують сильнодіючі речовини (концентровані кислоти та луги, шкідливі та отруйні речовини), в інше місце.

5. Під час роботи в лабораторії слід дотримуватися тиші, чистоти й порядку розміщення обладнання та реактивів на робочому місці. Крім того, необхідно дотримуватись правил протипожежної безпеки.

6. Усі досліди з отруйними речовинами або сполуками, які мають неприємний запах, слід проводити у витяжній шафі.

7. Під час нагрівання пробірок із рідинами їх отвори слід спрямовувати від себе та від людей, що знаходяться поруч. Такі роботи необхідно виконувати у витяжній шафі. Під час перемішування рідин пробірку не слід закривати пальцем. Для попередження нещасних випадків через можливий викид реакційної суміші не заглядати в пробірку чи колбу зверху.

8. Під час роботи з концентрованими кислотами їх слід вливати у воду малими порціями (бажано по стінці пробірки або колби). Не лийте воду в концентровані кислоти! Розбавляти водою концентровану сульфатну кислоту треба обережно, безперервно перемішувати, доливаючи її у воду, а не навпаки.

9. Категорично забороняється всмоктувати в піпетки розчини кислот, лугів і отруйних речовин. Для цього необхідно користуватися гумовими грушами. Не слід виливати надлишок реактивів із пробірок,

колб, хімічних склянок та інших посудин знову в той самий посуд із реактивами, оскільки останні можна забруднити й зіпсувати.

10. Гази, що виділяються, потрібно вивчати здалеку, злегка спрямовуючи потік повітря від приладу до себе. Не вдихайте глибоко виділені газы або пару!

11. Реактиви необхідно зберігати в закритому посуді, на якому є етикетка, де зазначено назву, формулу і концентрацію речовини (для рідин), у деяких випадках – дату виготовлення.

12. Забороняється виливати в раковини умивальників залишки розчинів, що містять сильні кислоти, вогнебезпечні та отруйні речовини, сполуки, що важко змиваються з поверхні (наприклад, сульфатна кислота), їх слід зливати в спеціальні ємності, які щільно закриваються і не б'ються (зокрема, виготовлені з пластмас). Вони знаходяться у витяжній шафі або поряд із раковиною умивальника.

13. Під час роботи з отруйними речовинами та речовинами, що подразнюють органи дихання або мають сильний запах, слід, як правило, користуватися витяжною шафою, а в деяких випадках – гумовими рукавичками й протигазом.

14. Сипкі реактиви треба набирати спеціальними ложечками або шпателями.

15. Не слід допускати перегонку рідин досуха – можливі вибух і пожежа! Не закривайте наглухо прилади під час проведення робіт, пов'язаних із нагріванням рідин. Можливий вибух!

16. Під час роботи в лабораторії категорично забороняється залишати без нагляду установки, що працюють, пальники, а також електричні нагрівальні прилади.

17. Не викидайте в раковини умивальників використані фільтри, папір, розбиті пробірки та уламки скла.

18. Закінчивши роботу, необхідно привести до ладу робоче місце, вимкнути прилади, апаратуру та витяжну шафу, закрити водопровідний кран.

Перша допомога в разі нещасних випадків

У хімічній лабораторії найчастіше доводиться надавати першу медичну допомогу потерпілим при хімічних і термічних опіках, порізах.

При кислотних опіках обпечене місце промивають кілька разів водою, потім 5-відсотковим розчином натрій гідрогенкарбонату і

знову водою. Уражене й промите місце змазують маззю від опіків або вазеліном, після чого перев'язують.

При ураженні лугами обпечене місце промивають значною кількістю води, потім 0,5-відсотковим розчином ацетатної кислоти, після чого ще раз водою, змазують маззю від опіків або вазеліном і перев'язують.

При потраплянні міцних кислот або лугів на одяг тканину негайно промивають кілька разів водою, потім 3-відсотковим розчином натрій гідрогенкарбонату (у випадку потрапляння кислоти) або 1-відсотковим розчином ацетатної кислоти (у разі потрапляння лугу).

При потраплянні кислоти в очі їх слід негайно промити водою впродовж 3-5 хв., потім 3-відсотковим розчином натрій гідрогенкарбонату.

Після надання першої допомоги потерпілий повинен негайно звернутися до пункту швидкої допомоги.

При потраплянні їдких лугів в очі їх слід негайно промити водою (як і в попередньому випадку, не допускати, щоб вони зажмурювались) упродовж 3-5 хв., потім насиченим розчином борної кислоти, бажано капнути в кон'юнктиву краплю рицинової олії. Після надання першої допомоги потерпілий негайно повинен звернутися до пункту швидкої допомоги.

При заподіянні травм склом слід вийняти уламки скла з рани, потім прикласти до рани шматочок марлі, змоченої спиртовим розчином йоду або ферум хлориду, накладити пов'язку. При глибоких порізах накладити джгут, зробити тугу пов'язку і відправити потерпілого до пункту швидкої допомоги.

Кожна кімната лабораторії повина мати аптечку першої допомоги і засоби для гасіння пожежі. У кожній такій кімнаті на видному місці розташовують інструкцію про запобіжні заходи щодо виникнення нещасних випадків і надання першої допомоги потерпілому.

Якщо в лабораторії з будь-яких причин пролито значну кількість легкозаймистої рідини, то необхідно вимкнути всі електронагрівні прилади, відчинити вікна та зібрати пролиту рідину ганчіркою або рушником, місце проливу засипати піском, потім зібрати його дерев'яною лопаткою й винести в спеціально відведене місце.

МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 (1.1) ТЕХНІКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Мета роботи: ознайомитися з порядком та правилами виконання робіт у хімічній лабораторії, інструкцією з охорони праці при виконанні робіт у хімічній лабораторії; ознайомитися з класифікацією органічних сполук.

1. Загальні правила виконання робіт у хімічній лабораторії

1. До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які пройшли інструктаж з охорони праці згідно з «Інструкцією з охорони праці при виконанні лабораторних робіт в хімічній лабораторії».

2. Досліди слід виконувати згідно з інструкцією, не допускати жодних змін і відхилень від умов, запропонованих у методичних рекомендаціях.

3. Під час лабораторної роботи виконуються досліди і в зошиті записуються: а) назви дослідів; реакції всіх процесів, якими вони супроводжуються; б) візуальні ефекти, які спостерігаються, та їхнє пояснення; в) малюнки пристроїв і схем, якщо вони є, та пояснення до них; г) необхідні розрахунки; д) висновки з дослідів і роботи в цілому.

4. Закінчивши роботу, треба прибрати робоче місце, вимити посуд. Прилади і посібники здати черговому.

5. Виконана робота підписується та захищається.

6. Для захисту роботи необхідно підготувати теоретичні питання і вміти розв'язувати задачі з відповідних тем. Необхідна теорія і методи розв'язування задач надаються в лекціях.

2. Ознайомлення з інструкцією з охорони праці при виконанні робіт у навчальній хімічній лабораторії

Ознайомтеся з правилами роботи в лабораторії і технікою безпеки. Основні положення прочитати та зробити відмітку в кафедральному журналі з техніки безпеки.

3. Теоретична частина

Органічні речовини – це карбоновмісні сполуки, у яких атоми Карбону (С) поєднуються між собою та з іншими атомами (Н, О, N, P, S) або групами атомів. Ці атоми називаються атомами-органогенами.

Атоми Карбону в органічних речовинах сполучаються із певними групами атомів – функціональними (характеристичними) групами.

Функціональні групи – це групи атомів, наявність яких у молекулах надає речовині нові, характерні для цього класу органічних сполук, хімічні властивості.

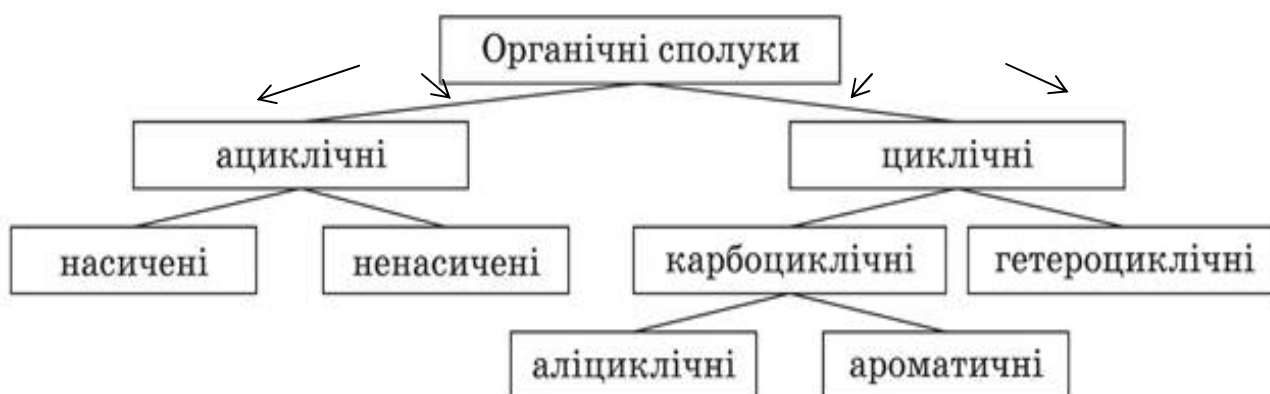
Органічні речовини доцільно розглядати як сполуки вуглеводневого радикалу з функціональною групою. Вуглеводневий радикал (R) – це частина молекули вуглеводню, що утворюється при відриві одного чи декількох атомів Гідрогену. Радикали – заряджені частинки, що мають неспарений електрон. Наприклад, метил CH_3 , етил C_2H_5 . Приклади сполук: етиловий спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: радикал C_2H_5 , функціональна група – OH -група; ацетатна кислота CH_3COOH : CH_3 радикал, COOH – функціональна група.

Класифікація органічних сполук

Органічні сполуки класифікують за будовою карбонового ланцюга та за природою функціональних груп.

Хімічні сполуки позначаються молекулярними (емпіричними) формулами, які відбивають якісний та кількісний склад речовини. У органічній хімії використовують, як правило, структурні формули, які показують порядок розташування атомів та функціональних груп у молекулі.

1. Класифікація органічних сполук за будовою радикалу



Основні терміни:

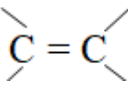
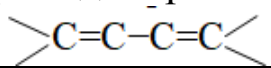


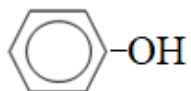
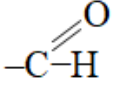
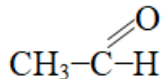
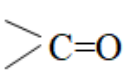
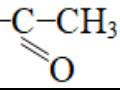
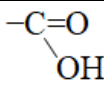
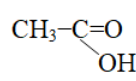
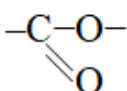
Ациклічні сполуки – нециклічні сполуки;

Насичені сполуки – сполуки мають тільки одинарні зв'язки;
ненасичені – мають кратні зв'язки;

Карбоциклічні сполуки – сполуки, в яких є цикли з атомів Карбону, гетероциклічні – в їх циклах є атоми іншої природи (O, S, N та ін.)

Аліциклічні сполуки – сполуки, в циклах яких є одинарні (або одинарні та кратні) зв'язки, ароматичні сполуки мають цикли з ароматичним зв'язком.

2. Класифікація органічних сполук за функціональною групою

Назва класу	Функціональна група	Приклад
1. Вуглеводні		
Алкани	немає	Метан CH_4 ,
Алкени	Подвійний зв'язок 	C_2H_4 , $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, етен
Алкіни	Потрійний зв'язок $\text{C}\equiv\text{C}$	C_2H_2 , $\text{CH}\equiv\text{CH}$, етин (ацетилен)
Дієни	Два подвійних зв'язка через одинарний 	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Бутадієн-1,3
Арени	Ароматичне кільце 	Бензол, C_6H_6 
Галогенопохідні	F, Cl, Br, I	CH_3 Br бромметан
2. Оксигеновмісні сполуки		
Спирти	Гідроксильна група, OH	Етиловий спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Феноли	Гідроксильна група біля бензенового кільця	фенол 
Альдегіди	Альдегідна група 	Ацетатний альдегід 
Кетони	Карбонільна група 	Ацетон $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ 
Карбонові кислоти	Карбоксильна група 	Ацетатна кислота 
Естери. Жири	Естерна група 	Етилацетат, $\text{CH}_3 \text{COO} \text{CH}_3$ трипальмітат
3. Нітрогеновмісні сполуки		
Аміни	Аміногрупа $-\text{NH}_2$	CH_3NH_2 метиламін
Нітросполуки	Нітрогрупа NO_2	CH_3NO_2 нітрометан

4. Поліфункціональні сполуки		
Вуглеводи	Гідроксильна, карбо- нільна, альдегідна	Глюкоза, фруктоза
Амінокислоти	Карбоксильна, аміногрупа	Гліцин, аланін
Білки	Карбоксильна, аміногрупа та ін.	Інсулін, гемоглобін

4. Повторення шкільного курсу. Рішення задач

Тема 1. Визначення масової частки елемента в сполуці

Приклад 1.

Визначити масову частку Карбону в карбон (IV) оксиді.

Дано:



$\omega(\text{C})$ –?

Розв'язання:

1. $\omega(\text{C})$?

$$\omega(\text{C}) = A(\text{C})/M(\text{CO}_2) 100 \% = 12:44 100 = 27,3 \%$$

Відповідь: масова частка Карбону в карбон (IV) оксиді дорівнює 27,3 %.

Тема 2. Обчислення за хімічними рівняннями, якщо речовини містять домішки

Приклад 2. Визначити об'єм ацетилену (н.у.) який можна добути з 1 кг технічного карбіді і реакції з водою, якщо масова частка домішок в карбіді складає 20 %.

Дано:

m (карбіді, техн.)

–1 кг

ω (домішок) – 20 %

V (ацетилену,
 C_2H_2) ?

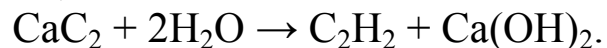
Розв'язання:

1. $m(\text{CaC}_2_{\text{чист}})$?

$$m(\text{CaC}_2_{\text{чист}}) = 1000 \text{ г } 0,8 = 800 \text{ г.}$$

2. $\nu(\text{CaC}_2_{\text{чист}})$? $\nu(\text{C}_2\text{H}_2)$?

$$\nu(\text{CaC}_2_{\text{чист}}) = m(\text{C}_2\text{H}_2)/M(\text{C}_2\text{H}_2) = 800:64 = 12,5 \text{ моль.}$$



За реакцією 1 моль карбіді утворює 1 моль ацетилену, тоді 12,5 моль карбіді утворюють 12,5 моль ацетилену.

3. $V(\text{C}_2\text{H}_2)$?

$V(\text{C}_2\text{H}_2) = \nu V_M(\text{C}_2\text{H}_2)$, де V_M –молярний об'єм газу за н.у. $V_M = 22,4$ л.

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 12,5 22,4 = 280 \text{ л.}$$

Відповідь:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 280 \text{ л.}$$

Практична частина

Зроби короткий конспект теоретичної частини. Повинно бути класифікація органічних сполук, таблиця функціональних груп, приклади рішення задач.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Дати визначення поняттю «функціональна група».
2. Які елементи найчастіше присутні в органічних сполуках? Як вони називаються?
3. Пояснити термін «аліциклічні сполуки»
4. Визначити масові частки елементів в метиламіні.
5. Визначити масову частку Карбону в технічному кальцій карбіді CaC_2 , що містить 14 % домішок.

Варіант 2

1. Перелічити класи вуглеводнів і вказати їх функціональні групи.
2. Навести приклади нітрогеновмісних органічних сполук.
3. Пояснити термін «аліциклічні сполуки»
4. Визначити масові частки елементів в хлорпропані.
5. Визначити масову частку Карбону в природному газі, якщо масова частка метану в ньому складає 80 %, інше – неорганічні домішки.

Варіант 3

1. Навести приклади п'яти класів оксигеновмісних органічних сполук і вказати їх функціональні групи.
2. Пояснити відміну між карбоциклічними та гетероциклічними сполуками.
3. Перелічити найпростіші органічні радикали.
4. Визначити масову частку Карбону в бутані та пентані і зробити висновок, як змінюється ця характеристика при збільшенні кількості атомів карбону в вуглеводнях.
5. Скільки етилового спирту можна отримати з 30 г етилену за реакцією $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, якщо етилен містить 5 % неорганічних домішок.

Варіант 4.

1. Перелічити класи нітрогеновмісних сполук і вказати їх функціональні групи.
2. Пояснити, чим відрізняються карбонільна і карбоксильна групи.

3. Пояснити різницю в будові алкінів і дієнів. Вказати їх функціональні групи.

4. Визначити масові частки елементів в ацетатній кислоті.

5. Визначити масу ацетатної кислоти CH_3COOH , яку можна отримати з 100 мл 72%-го етилового спирту з густиною 0,863 г/мл за реакцією: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$.

Варіант 5.

1. Які сполуки називаються насиченими амінами? Навести приклади.

2. Пояснити, чим відрізняються будови спиртів і фенолів.

3. Пояснити, які функціональні групи входять до складу глюкози. Записати їх.

4. Визначити масові частки Карбону в етиловому спирті ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) і ацетатній кислоті (CH_3COOH).

5. Є реакція $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + 4\text{Al}(\text{OH})_3$. Визначити об'єм метану, що виділився за н.у. з 15 г алюміній карбїду, що містить 5 % домішок.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 (1.2)

ІЗОМЕРІЯ ТА НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Мета роботи: Навчитися встановлювати структурну будову органічних сполук та їх назви за номенклатурою.

1. Теоретична частина

1.1. Емпіричні та структурні формули органічних речовин

Емпіричними називаються формули, які відображають кількісний і якісний склад молекул. Наприклад, бутан C_4H_{10} , етиловий спирт $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

В органічній хімії найчастіше використовують структурні формули повні і неповні, в яких указуються всі або деякі зв'язки між атомами і функціональними групами. В них в деякій мірі відображена хімічна будова речовини і окремо виділена функціональна група, тому що саме вона зумовлює основні хімічні властивості органічних сполук. Наприклад, етиловий спирт і диметиловий етер, емпірична формула $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$:

$\text{CH}_3\text{—O—CH}_3$
напівструктурна формула
диметилового етеру

$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{ OH}$
напівструктурна формула
етилового спирту

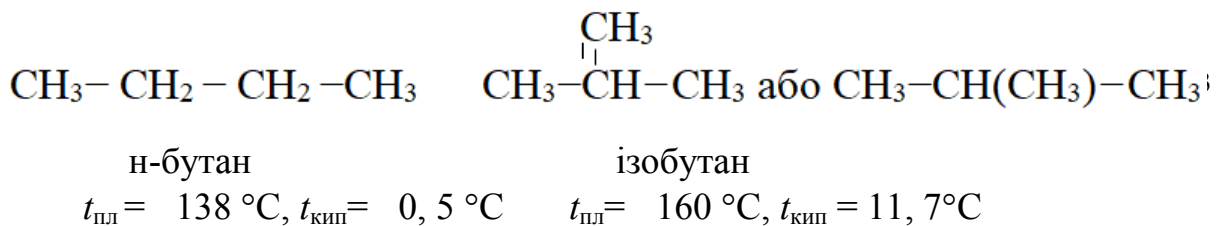
1.2. Основні відомості про ізомерію

Ізомерією називають існування сполук з однаковим якісним і кількісним складом і однаковою молярною масою, але з різними фізичними і хімічними властивостями.

Розрізняють наступні типи ізомерії.

1. Структурна ізомерія

а) ізомерія карбонового ланцюга зумовлена його різною будовою. Такі ізомери відрізняються фізичними властивостями. Наприклад:



Зі збільшенням у молекулах насичених вуглеводнів кількості атомів карбону в гомологічному ряду зростає кількість ізомерів. Наприклад, молекулярній формулі C_6H_{14} відповідає 5 структурних формул і, відповідно, 5 індивідуальних речовин, для C_7H_{16} – 9, для C_8H_{18} – 18, для C_9H_{20} – 35, для $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ – 76, для $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ – 159, для $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ – 355, для $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ – 803, для $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ – 1855.

б) ізомерія положення функціональної групи зумовлена різним розташуванням функціональні групи в карбоновому ланцюзі. Такі ізомери також відрізняються фізичними властивостями. Наприклад:

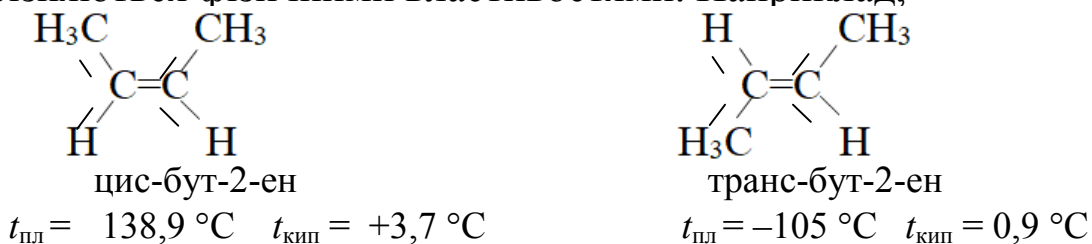


в) функціональна ізомерія зумовлена різними функціональними групами, що входять у молекули ізомерів. Такі ізомери мають різні хімічні властивості.

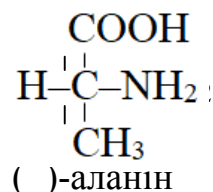
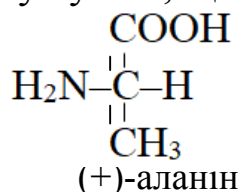


2. Просторова ізомерія

а) геометрична ізомерія зумовлена різним розташуванням груп у ділянках молекул з обмеженою обертальною рухливістю. Ізомери відрізняються фізичними властивостями. Наприклад,

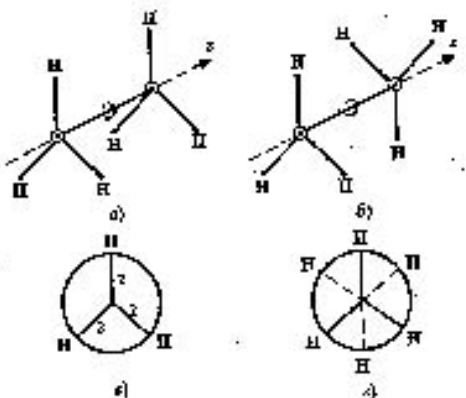


б) *оптична ізомерія*. Оптичні ізомери – речовини, що змінюють у різному ступені положення площини поляризації поляризованого світла. Вони утворюються у випадку, якщо навколо атома Карбону є чотири різних замісника. Оптичні ізомери є дзеркальними відображеннями один одного і називаються енантіоморфною парою (енантіомерами). Рівні кількості обох енантіомерів утворюють рацемічну суміш, що не має оптичної активності:



в) *конформаційна ізомерія*

Конформаційна ізомерія зумовлена обертанням окремих фрагментів молекули навколо одинарних зв'язків. У результаті обертання молекула може набувати різних просторових форм, які називаються конформаціями. Так, молекула етану внаслідок обертання навколо карбон-карбонового зв'язку може набувати нескінченної множини конформацій, кожна з яких характеризується певним значенням потенціальної енергії. Дві крайні конформації називають *заслоненою* та *загальмованою*.



Для представлення конформацій на площині використовують формули Ньюмена і перспективні формули.

Рис.1. Перспективні формули (а, б) та формули Ньюмена (в, г) двох конформацій етану (в заслонена, г загальмована)

Геометричні та оптичні ізомери відрізняються фізичними властивості, конформери – стійкістю.

1.4. Номенклатура насичених вуглеводнів

Насичені вуглеводні, або алкани, називають за трьома номенклатурами: історичною, або тривіальною, раціональною та міжнародною. В міжнародній номенклатурі використовуються правила Комісії з номенклатури органічних сполук при Міжнародному Союзі Чистої і Прикладної хімії ІУРАК (ІЮПАК).

Згідно з *тривіальною номенклатурою* називають перші чотири представники алканів метан, етан, пропан і бутан. Починаючи з п'ятого представника гомологічного ряду метану, за основу назви

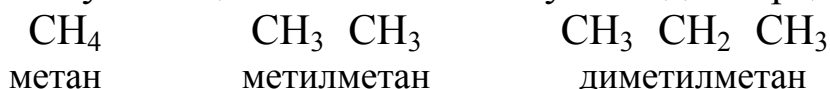
алкану беруть корінь слова грецької назви числівника, що вказує на кількість атомів карбону, які входять до складу молекули насиченого вуглеводню, і додають суфікс *-ан*: пента- (п'ять) – пентан C_5H_{12} ; гекса- (шість) – гексан C_6H_{14} ; гепта- (сім) – гептан C_7H_{16} ; окта- (вісім) – октан C_8H_{18} і т. ін.

Щоб позначити вуглеводні, які мають молекулу з прямим карбоновим ланцюгом, до загальної назви додають слово «нормальний» або літеру «*n*». Наприклад, *n*-бутан, *n*-гексан і т. ін.

Якщо в молекулі алкану відняти атоми Гідрогену, то частину молекули з вільним електроном називають *радикалом (R)*. Вони є реакційно активними частками та існують самостійно частки секунди. Радикали утворюються з молекул алканів під дією електромагнітного випромінювання, при нагріванні, за наявності каталізаторів, у ході окисно-відновних реакцій.

За основу назви радикала беруть корінь слова відповідного алкану і додають суфікс *-іл* (–ил). Наприклад, метил $-CH_3$, етил $-CH_2-CH_3$, пропіл $-CH_2-CH_2-CH_3$, і т. ін. Винятком є назва радикала пентану – аміл $-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$. Із збільшенням кількості атомів Карбону з'являються ізомери радикалів. Наприклад, для пропану існує два радикали: пропіл $-CH_2-CH_2-CH_3$ і вторинний пропіл (ізопропіл) $CH_3-\underset{|}{CH}-CH_3$.

В *раціональній номенклатурі* алканів покладено припущення, що ці речовини є похідними метану, в молекулі яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на ті чи інші вуглеводневі радикали.

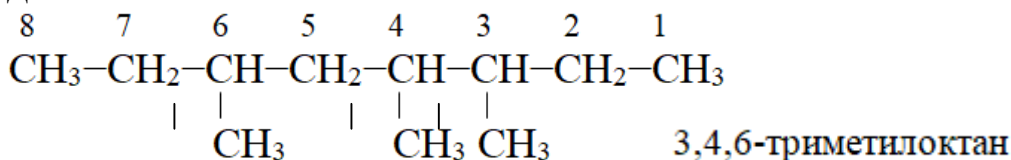


Найбільш вживаною є *міжнародна номенклатура*.

Основні положення міжнародної номенклатури алканів:

1. Назви всіх насичених вуглеводнів закінчуються на *-ан*.
2. За основу назви вуглеводню вибирають найдовший (головний) ланцюг атомів Карбону.
3. Положення бічних радикалів позначають порядковим номером Карбонового атома в головному ланцюзі.
4. Нумерацію атомів Карбону в головному ланцюзі починають з того кінця, до якого ближче розміщений замісник–радикал.

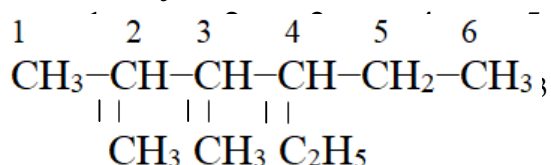
Наприклад:



5. Якщо є два, три чи більше однакових замісників, то положення кожного з них позначають за допомогою арабських цифр, а кількість однакових замісників (радикалів) позначають префіксами ди-, три-, тетра-, пента- і т. д.

6. Цифри, що показують місце розміщення замісників (радикалів), відділяють одну від одної комами, а від назви радикала – дефісами.

Приклад 1. Назвати вуглеводень за номенклатурою IUPAC:



Слід писати: 4-етил, 2,3-диметилгексан.

Слід читати: чотири-етил, два, три-диметилгексан.

2. Практична частина

Розібрати і вивчити теми, подані в лабораторній роботі. Коротко законспектувати тему «Ізомерія органічних сполук».

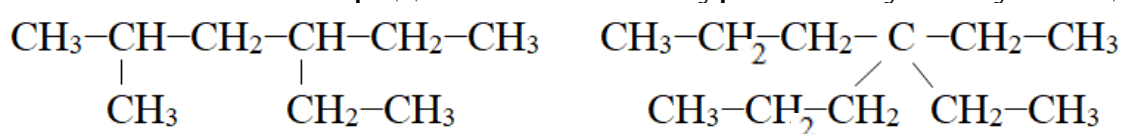
Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Перелічити основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О. М. Бутлерова.

2. Пояснити ізомерію карбонового ланцюга.

3. Назвати за міжнародною номенклатурою наступні вуглеводні



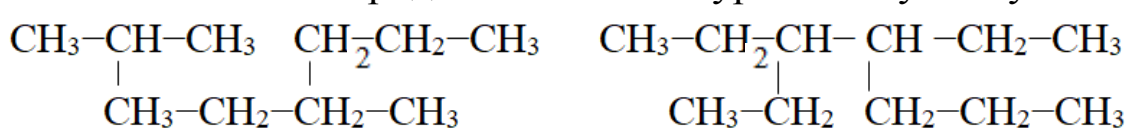
4. Записати структурні формули наступних сполук: 4-етил-3-метилоктан; 4-етил-2,3-дихлорпентан.

Варіант 2

1. Сформулювати основні принципи теорії хімічної будови органічних сполук.

2. Пояснити ізомерію положення функціональної групи.

3. Назвати за міжнародною номенклатурою наступні вуглеводні



4. Записати структурні формули наступних сполук:

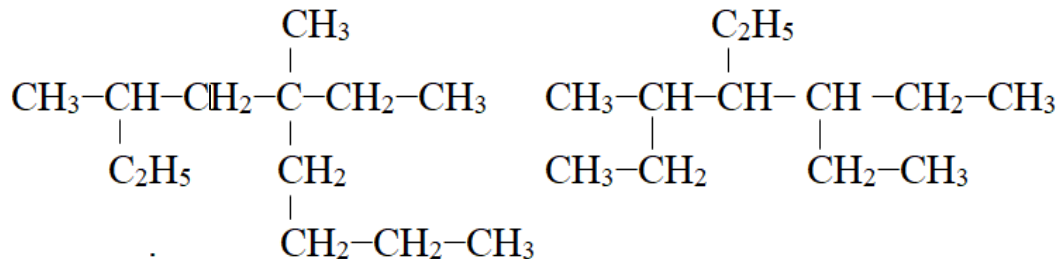
3-етил-2,3-метилгексан; 3-етил-3,3-диметилгептан.

Варіант 3

1. Дати визначення терміну «ізомерія». Проілюструвати прикладами.

2. Пояснити ізомерію функціональної групи.

3. Назвати за міжнародною номенклатурою наступні вуглеводні



4. Записати структурні формули наступних сполук: 2

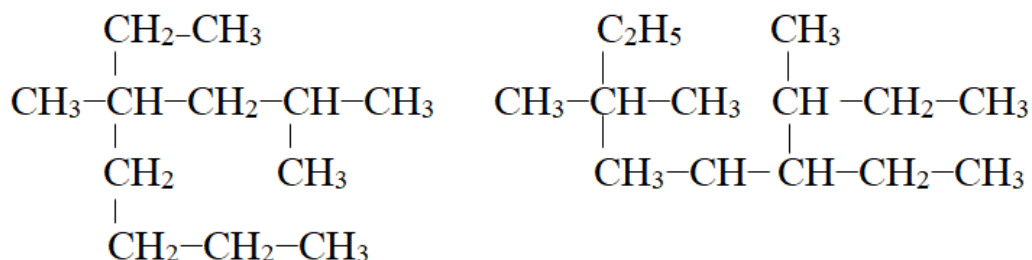
2,3-метил-4-етилгектан; 3-етил-2,4-диметилнонан.

Варіант 4

1. Вивести структурні формули перших п'яти членів гомологічного ряду метану.

2. Пояснити явище стереоізомерії.

3. Назвати за міжнародною номенклатурою наступні вуглеводні



4. Записати структурні формули наступних сполук:

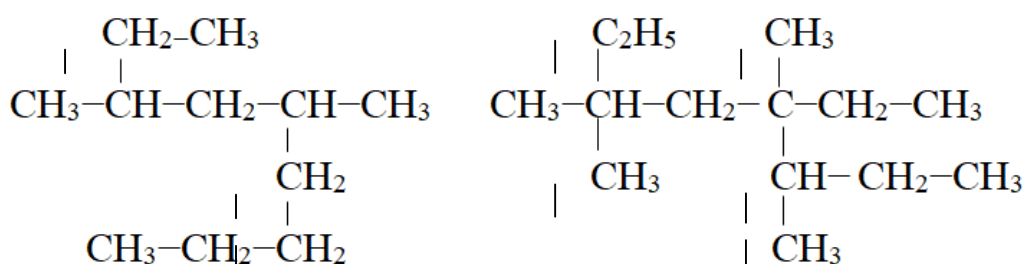
1,2,3-трихлоргексан; 2,3-диметил-3,4-диетилгептан.

Варіант 5

1. Які номенклатури органічних сполук вам відомі? Перелічити основні принципи номенклатур, які використовують у сучасній органічній хімії. Навести приклади.

2. Пояснити явище оптичної ізомерії.

3. Назвати за міжнародною номенклатурою наступні вуглеводні



4. Записати структурні формули наступних сполук:
3,3-діетил-2,5диметилоктан; 2,2,3,4-тетраметилгептан.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 (1.3) ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Мета роботи: Засвоїти методи якісного аналізу органічних речовин. Вивчити хімізм процесів якісного аналізу. Розібрати розрахункові задачі на визначення молекулярної формули речовини, виходячи з результатів кількісного аналізу.

1. Теоретичні відомості

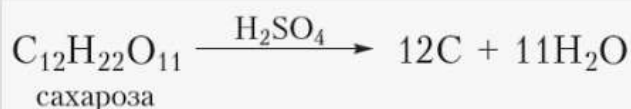
Якісний аналіз органічних речовин дає змогу встановити їх елементний склад. До складу кожної органічної речовини насамперед входить Карбон. Крім Карбону молекули органічних речовин, як правило, містять Гідроген, Оксиген, Нітроген, рідше – Сульфур, Фосфор. Ці елементи називають органогенами. Крім них до складу органічних речовин часто входять галогени та інші хімічні елементи.

Якісний аналіз органічних речовин складається з двох етапів: мінералізації цих речовин (переведення їх у неорганічні речовини) і власне відкриття окремих хімічних елементів за допомогою типових хімічних реакцій для якісного аналізу неорганічних речовин.

Виявлення Карбону можна здійснити обвуглюванням проби. Для цього органічну речовину спалюють або використовують окисники, наприклад, H_2SO_4 концентровану, яка відновлює органічний Карбон до вуглецю.

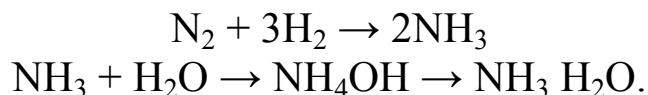
Універсальним методом виявлення Карбону і одночасно Гідрогену є окиснення органічної сполуки купрум (II) оксидом. При цьому речовина руйнується, Карбон окиснюється до карбон (IV) оксиду, Гідроген – до води.

Наприклад, при виявленні в складі сахарози Карбону і Гідрогену під час окиснення концентрованою сульфатною кислотою відбувається наступна реакція:



Окрім Карбону та Гідрогену обов'язковою складовою частиною молекул багатьох органічних речовин (білків, нуклеїнових кислот, амінокислот, амінів тощо) є Нітроген. Досить часто його виявляють

аміачним способом. Він ґрунтується на руйнуванні молекул нітрогеновмісних органічних сполук розчинами лугів або кислот з утворенням аміаку. Під час такого руйнування молекул білків спочатку утворюються азот і водень, з яких потім синтезується амоніак:

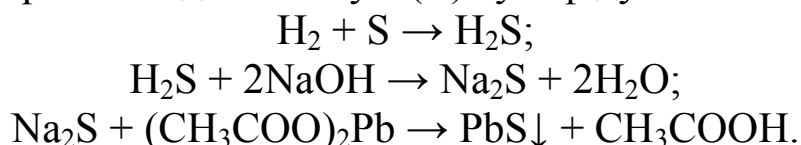


Аміак визначається за запахом, або за посинінням вологого універсального індикаторного папірця (аміак – слабкий луг)

Іноді в органічних сполуках присутній Сульфур. Найбільше його містять білки (0,8-2,4 %). Сульфур входить до складу молекул коензиму А, біотину, глутатіону, вітаміну В₁, деяких жовчних кислот.

Відкриття Сульфуру в складі органічних речовин ґрунтується на руйнуванні їх молекул лугами або іншими сильнодіючими сполуками з подальшим виконанням кольорових реакцій, що дають змогу візуально виявити цей елемент. При цьому можуть утворюватися сульфіді, які виявляють за допомогою характерного забарвлення.

Отже, спочатку руйнується органічна речовина, виділяється водень та сірка, які реагують між собою та утворюють дигідроген сульфід, який взаємодіє з натрій гідроксидом з утворенням натрій сульфідіду. Останній взаємодіє з плюмбум (II) ацетатом, внаслідок чого випадає буро-чорний осад плюмбум (II) сульфідіду:



Під час прожарювання досліджуваної галогеновмісної речовини з оксидом купруму (II) останній окиснює Карбон до вуглекислого газу, Гідроген – до води. Атоми галогену, що утворюються при руйнуванні речовини, взаємодіють з купрумом (II) оксидом, утворюючи леткі сполуки, що забарвлюють полум'я в яскраво-зелений або синьо-зелений колір:



Практична частина

Дослід 1. Виявлення Карбону при обвуглюванні проби

<https://www.youtube.com/watch?v=9g6YhMGkV0E>

а) Помістити в чашку Петрі 2-3 г (половину чайної ложки) швидкорозчинного цукру, додати 1-2 мл концентрованої сульфатної

кислоти. Перемішати все скляною паличкою. Через деякий час суміш починає чорніти, що пояснюється обвуглюванням цукру сульфатною кислотою.

б) В фарфорову чашку налити 3 мл рідкої суміші алканів (бензин, гас тощо) і підпалити її. Суміш горить кіптявим полум'ям, тому що частина Карбону виділяється у вигляді сажі.

Зробити висновок та написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. Виявлення Нітрогену

В пробірку налити 2-3 мл розчину білка, додати 1-2 мл 10%-го розчину натрій гідроксиду та обережно нагріти. Білок руйнується і з часом виділяється пара аміаку. Його визначають за специфічним запахом або за посинінням папірця універсального індикатора. Папірець змочують кількома краплями води і поміщають на край пробірки. Зробити висновок та написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 3. Виявлення сульфуру сульфідним методом

В суху пробірку внести 2-3 мл яєчного білка. Додати 1-3 мл 10 %-го розчину натрій гідроксиду та кілька крапель 2 %-го розчину плюмбум (II) ацетату. Обережно нагріти пробірку. Через деякий час починається руйнування органічної речовини. Записати спостереження, рівняння відповідних реакцій і зробити висновок.

Дослід 4. Відкриття галогенів за допомогою реакції Бейльштейна <https://www.youtube.com/watch?v=X2ecnSCVSvQ>

Тонку мідну пластинку або дротину із зігнутих у вигляді петлі кінцем зачистити до міді та прожарити у полум'ї спиртівки до зникнення забарвлення полум'я. Мідь вкривається чорним нальотом купруму (II) оксиду. Хлороформ, об'ємом 0,5 – 1 мл наливають у пробірку, занурюють туди мідну деталь і вносять у полум'я. Через певний час спостерігають за появою характерного для галогенів забарвлення яскраво-зеленого або синьо-зеленого кольору полум'я.

Записати спостереження, реакцію та зробити висновки.

2. Теоретичне завдання

Зробити конспект приклада рішення наведеної задачі.

Встановлення найпростішої (емпіричної) формули органічної речовини за даними кількісного аналізу

Задача. Для кількісного аналізу взято наважку органічної речовини в кількості 0,1542 г. Після спалювання в апараті Лібиха отримано 0,2257 г CO_2 і 0,0927 г H_2O . Визначити молекулярну формулу сполуки, якщо її густина за воднем дорівнює 15.

Дано:

$$m(\text{орг. реч.}) = 0,1542 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,2257 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,097 \text{ г}$$

$$D_{\text{H}_2}(\text{орг. реч.}) = 15$$



Розв'язання:

Виходячи з результатів аналізу встановлюємо, що в сполуці присутній Карбон і Гідроген. Також, можливо, є Оксиген.

1. $m(\text{C})$ в речовині ?

$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$, на Карбон в молекулі CO_2 припадає 12 г.

За пропорцією

$$44 \text{ г} - 12 \text{ г};$$

$$0,2257 - x;$$

$$x = (0,2257 \cdot 12) : 44 = 0,0616 \text{ г C.}$$

2. $m(\text{H})$?

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г}$. В 1 моль води міститься 2 г Гідрогену. Тому

$$18 \text{ г} - 2 \text{ г};$$

$$0,0927 - x;$$

$$x = (0,0927 \cdot 2) : 18 = 0,0103 \text{ г H.}$$

3. $\omega(\text{C})$, $\omega(\text{H})$?

$$\omega(\text{C}) = (0,0616 \cdot 100) : 0,1542 = 39,92 \% \text{ C.}$$

$$\omega(\text{H}) = (0,0103 \cdot 100) : 0,1542 = 6,68 \% \text{ H.}$$

Оскільки сума масових часток Карбону і Гідрогену менше за 1, в сполуці є Оксиген,

$$\omega(\text{O}) = (100 - 39,92 - 6,68) = 53,4 \%.$$

Отже, досліджувана речовина містить 39,92 % Карбону, 6,68 % Гідрогену і 53,4 % Оксигену. Позначимо формулу сполуки $\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$. Для визначення простішої формули сполуки треба знайти відношення $x:y:z$

4. $x:y:z$?

$$\frac{0,0668}{1}$$

1

$$x:y:z = :: = \frac{0,3992}{12} : \frac{0,534}{16} =$$

$$= 0,0332 : 0,0668 : 0,0334.$$

Для переходу до цілих чисел необхідно всі три члени відношення поділити на найменше число. В нашому прикладі ним є 0,0332:

$$x = 0,032 : 0,332 = 1; y = 0,0668 : 0,332 \approx 2; z = 0,0334 : 0,0332 \approx 1.$$

Отже, найпростішою емпіричною формулою для досліджуваної речовини буде формула CH_2O . Таку емпіричну формулу мають речовини з різними фізичними і хімічними властивостями: CH_2O – формальдегід; $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ – ацетатна кислота; $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ – молочна кислота; $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ – глюкоза та ін.

Для встановлення молекулярної формули органічної речовини потрібно знати молярну масу досліджуваної речовини. Якщо речовина може переходити в пару без розкладання, то молярну масу можна визначати за газовими законами. Так, за висновком з закону Авогадро $D_{\text{H}_2}(\text{реч}) = M(\text{реч})/M(\text{H}_2)$. Звідки $M(\text{реч}) = D_{\text{H}_2}(\text{реч}) M(\text{H}_2) = 15 \cdot 2 = 30$ г/моль. Отже, це формальдегід ($M(\text{CH}_2\text{O}) = 30$ г/моль).

Відповідь: речовина – формальдегід.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Що таке якісний аналіз органічних речовин?
2. Записати реакції і пояснити виявлення в органічних речовинах галогенів.
3. Записати реакції відкриття Карбону та Гідрогену в складі молекул гліцерину ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$) за допомогою купрум (II) оксиду.
4. При спалюванні 0,1400 г речовини утворилось 0,44 г CO_2 (н.у.) і 0,1800 г H_2O . Обчислити масову частку у відсотках Карбону та Гідрогену та вивести емпіричну формулу.

Варіант 2

1. Чим відрізняється якісний аналіз органічних від аналізу мінеральних речовин?
2. Пояснити процес обвуглювання проби органічної речовини.
3. Записати принципи виявлення в органічних речовинах Сульфору. Ілюструвати відповіді рівняннями реакцій.
4. Встановити молекулярну формулу органічної речовини за такими даними кількісного аналізу: $\omega(\text{C}) - 30,70\%$; $\omega(\text{H}) - 3,82\%$; $\omega(\text{O}) - 20,25\%$; $\omega(\text{Cl}) - 45,23\%$. $D_{\text{H}_2}(\text{реч}) = 39,25$.

Варіант 3

1. Записати принципи виявлення в органічних речовинах Нітрогену. Ілюструвати відповіді рівняннями реакцій.
2. Записати реакції і пояснити виявлення в органічних речовинах галогенів.

3. Записати реакції відкриття Карбону та Гідрогену в складі молекул етанолу (C_2H_5OH) за допомогою купрум (II) оксиду.

4. При спалюванні 0,1916 г речовини утворилось 0,3665 г CO_2 і 0,2252 г H_2O . $M(\text{реч}) = 46$ г/моль. Обчислити масову частку у відсотках Карбону та Гідрогену та вивести емпіричну формулу.

Варіант 4

1. Пояснити виявлення в органічних речовинах Хлору.

2. Пояснити виявлення в органічних речовинах Карбону.

3. Записати реакції відкриття Сульфуру в складі органічних молекул.

4. При спалюванні 1,12 л органічної речовини утворилось 3,36 л CO_2 (н.у.) і 2,7 г води. $D_{He}(\text{реч}) = 14,5$. Визначити молекулярну формулу речовини.

Варіант 5

1. Пояснити, які характеристики виявляють в якісному аналізі органічних речовин.

2. Записати реакції відкриття Карбону та Гідрогену в складі молекул бутанолу (C_4H_9OH) за допомогою купрум (II) оксиду.

3. Записати реакції відкриття Нітрогену в складі аміносполук.

4. При спалюванні 13,44 л органічної речовини утворилось 26,88 л CO_2 (н.у.) і 21,6 г води. $D_{H_2}(\text{реч}) = 30$. Визначити молекулярну формулу речовини.

МОДУЛЬ II. ВЛАСТИВОСТІ ОСНОВНИХ КЛАСІВ ВУГЛЕВОДНІВ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 (2.1) ВЛАСТИВОСТІ МЕТАНУ

Мета роботи: Вивчити хімічні властивості та будову алканів на прикладі метану

1. Теоретичні відомості

Алкани інертні в хімічному відношенні речовини. За звичайних умов вони не реагують з галогенами (не знебарвлюють бромну воду), концентрованими кислотами й лугами, окисниками (не знебарвлюють розчин KMnO_4) тощо. Це дало підставу назвати їх парафінами (від лат. *parum affinis* – мало споріднений).

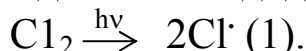
Метан в природі зустрічається у складів природного газу. В лабораторії його получують за реакцією Дюма – з натрій ацетату і присутності натронного вапна (суміші NaOH та CaO) за реакцією:



Для алканів характерні реакції заміщення, в які вони вступають за особливих умов. Так, на сонячному світлі алкани можуть реагувати з хлором і бромом, що призводить до поступового заміщення в їх молекулах атомів Гідрогену на атоми галогенів.

Добре вивчений механізм заміщення атомів водню в алканах на атоми хлору і бром. Ці реакції проходять за радикальним ланцюговим механізмом.

За звичайних умов молекулярні хлор і бром практично не реагують з насиченими вуглеводнями. Тільки в атомарному стані вони здатні виривати атом Гідрогену з молекули алкана. Тому попередньо необхідний розрив молекули галогену до вільних атомів, що ініціюють ланцюгову реакцію. Цю стадію називають стадією ініціювання. Вона може бути здійснена під дією світла чи тепла (1):

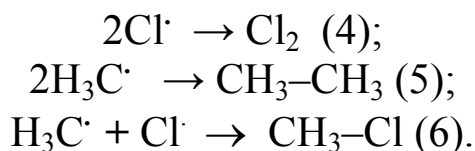


Потім атом Хлору атакує атом Гідрогену в молекулі, наприклад, метану. Відбувається відрив Гідрогену й утворення вільного радикала метилу (2). Далі радикал атакує молекулу хлору, в результаті чого утворюються метилхлорид і новий атом Хлору (3).



Атом хлору атакує наступну молекулу метану і т.п.

Реакції (2) і (3) є реакціями зростання ланцюга, вони повторюються доти, поки не відбудеться обрив ланцюга – знищення ведучого ланцюг вільного радикала. У даному випадку реакції обриву ланцюга можуть відбутися по схемах (4), (5) або (6), а також у результаті зіткнення радикалів зі стінками реакційної судини, з домішками.

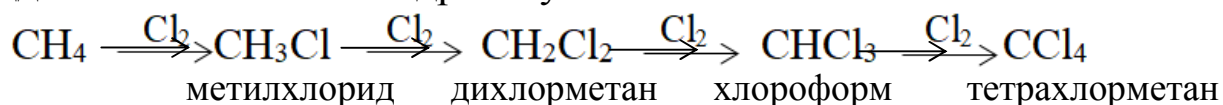


Стадії ініціювання ланцюга, його розвитку й обриву характерні для всіх ланцюгових реакцій. При цьому достатньо дуже невеликого числа радикалів-ініціаторів, щоб здійснити ланцюгове перетворення значних кількостей речовини.

Основною реакцією заміщення для алканів є реакція галогенування.

Радикальне галогенування – важлива реакція алканів. У якості галогенуючих агентів застосовують хлор і бром. Йод не здатний до реакції прямого заміщення водню, фтор діє занадто енергійно і руйнує органічні молекули. У промисловості використовують також термічне хлорування алканів при температурах $< 300^\circ\text{C}$.

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

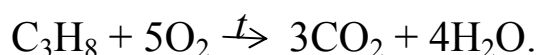


Подібно метану, можуть хлоруватися й інші алкани. Переважний напрямок вступу галогену визначається певними закономірностями: легше всього заміщення йде у третинного атома Карбону, потім у вторинного, в останню чергу – у первинного; при утворенні полігалогенозаміщених сполук атоми галогену переважно заміщують Гідроген у того самого чи в сусідніх атомів Карбону.

При нагріванні та підвищеному тиску алкани здатні вступати в реакції заміщення атомів Гідрогену на нітрогрупу, тобто нітруватися (реакція Коновалова).

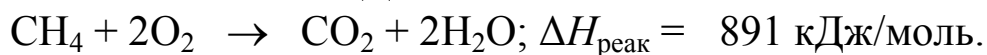
Реакції окиснення

Алкани за звичайних температур стійкі до дії кисню повітря і звичайних окисників. При підпалюванні на повітрі вони згоряють:



Алкани – цінне, висококалорійне паливо; у них багато водню,

теплотворна здатність якого вище, ніж у вуглецю. При згорянні 1 кг метану виділяється ≈ 55000 кДж тепла.



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

Окиснення алканів киснем повітря в більш м'яких умовах приводить до кисневмісних органічних речовин – спиртів, альдегідів, кетонів, карбонових кислот. Наприклад, при окисненні бутану одержують у промисловості ацетатну кислоту.

Алкани не здатні до реакцій приєднання, оскільки не мають кратних зв'язків.

2. Практична частина

Дослід 1. Добування метану. Горіння метану

<https://www.youtube.com/watch?v=E1rdbvA2XfU>

У суху пробірку насипають безводний натрій ацетат і прожарене натронне вапно (1:2) (висота шару приблизно 4 см).

Розміщують суміш таким чином, щоб метан, що утворився міг вільно виходити з пробірки. Закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою і закріплюють її в штативі з невеликим нахилом в бік пробки. Прогрівають спочатку всю пробірку, потім сильно нагрівають ту її частину, де знаходиться реакційна суміш, починаючи знизу і повільно просуваючи пальник далі, щоб могли прореагувати нові порції суміші.

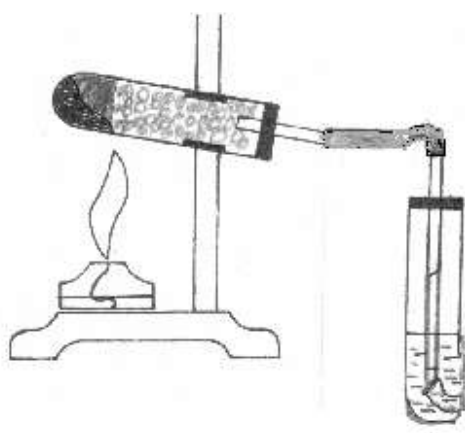


Рис. 1. Прилад для добування метану

Спочатку із пробірки витісняється повітря, потім починається виділення метану.

Метан підпалюють біля кінця газовідвідної трубки і таким чином встановлюють наявність горючого газу.

Навести рисунок приладу для проведення дослідів, пояснити його результати та написати рівняння реакції.

Дослід 2. Відношення метану до реакцій приєднання

Добутий у досліді 1 метан через газовідвідну трубку пропустити у пробірку, в яку заздалегідь треба налити розчин йоду в розчині калій йодиду.

Записати спостереження. Зробити висновок та пояснити, чому розчин не змінює забарвлення.

Дослід 3. Відношення метану до реакцій окиснення

Добутий у досліді 1 метан через газовідвідну трубку пропустити у пробірку, в яку заздалегідь налити 2-3 мл 0,5-1%-го розчину калій перманганату. Записати спостереження, зробити висновок та пояснити, чому розчин не змінює забарвлення.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Пояснити тип гібридизації атомних орбіталей Карбону в алканах.

2. Які речовини можна отримати при крекінгу гексану? Записати рівняння реакцій.

3. Написати формули сполук: 2-метилпропану, 5-метил-3,4-діетил-октану.

4. У результаті спалювання 112 мл газу утворилось 448 мл CO_2 н.у. і 0,45 г H_2O . густина речовини за воднем 29. Знайти молекулярну формулу газу.

Варіант 2

1. Пояснити типи ізомерії для алканів. Навести відповідні приклади.

2. Записати реакції нітрування етану.

3. Написати формули сполук: хлороформу, 4-етил-3,3-диметил-гексану.

4. Вуглеводень, густина якого за н.у. дорівнює 2,5 г/л має масову частку Карбону 0,8571. Вивести молекулярну формулу вуглеводню.

Варіант 3

1. Пояснити радикальний механізм реакцій заміщення в алканах на прикладі реакції бромовання етану.

2. Записати реакції крекінгу гептану.

3. Написати формули сполук: 1,1-дихлорпропану, 2,3,4-триметил-пентану.

4. Визначити формулу органічної речовини, якщо відомі масові

частки елементів, які складають цю молекулу $\omega(\text{C}) = 92,3\%$, $\omega(\text{H}) =$

7,7 %. Відносна густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 39.

Варіант 4

1. Пояснити радикальний механізм реакцій заміщення в алканах на прикладі реакції нітрування етану.

2. Записати реакції згоряння гептану.

3. Написати формули сполук: 1,1-дибром-3метилпентану, 2,3,4-триетил-нонану.

4. Визначити формулу вуглеводню, якщо при спалюванні 4.4 г цієї речовини утворилося 0,3 моль CO_2 і вода. Відомо, що 0,11 г цієї речовини займає об'єм 56 мл за н.у.

Варіант 5

1. Для речовини, що має будову $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$ написати структурні формули п'яти ізомерів та трьох гомологів. Дати назви цим речовинам.

2. Написати реакцію Коновалова для метилпропану та диметилпропану.

3. Написати формули сполук: а) 2-нітропропан; б) 2,2,4-триметилпентан (ізооктан).

4. Визначити формулу вуглеводню, якщо при спалюванні 0,28 г цієї речовини утворилося по 0,02 моль CO_2 і води. Відомо, що 0,1 г цієї сполуки займає об'єм 80 мл за н.у.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 (2.2) ВЛАСТИВОСТІ АЛКЕНІВ І АЛКІНІВ

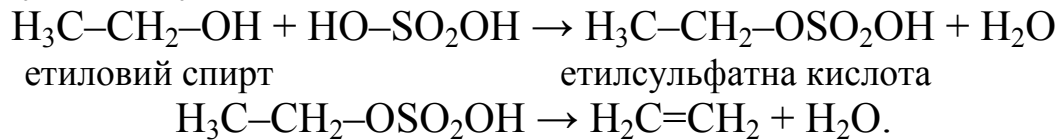
Мета роботи: Вивчити хімічні властивості алкенів та алкінів на прикладі етилену та ацетилену

1. Теоретичні відомості

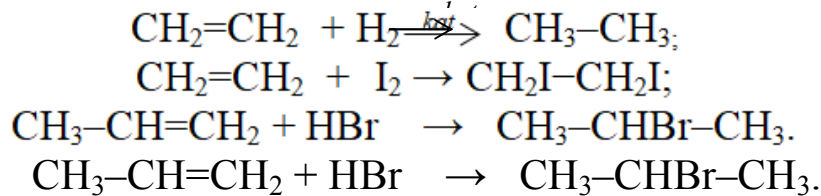
Алкени містять у складі своєї молекули один подвійний зв'язок. Найпростіший представник алкенів – етилен $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$.

Етилен та його гомологи в лабораторних умовах найчастіше добувають дегідратацією відповідних спиртів. Так, етилен добувають

з етилового спирту дією на нього концентрованою сульфатною кислотою при нагріванні. Реакція відбувається у два етапи. Спочатку сульфатна кислота утворює з етанолом етилсульфатну кислоту, яка при нагріванні до 170 °С розкладається на етилен і сульфатну кислоту:



Подвійний зв'язок – сполучення ковалентних σ - і π -зв'язків. π -Зв'язок – менш міцний, ніж σ -зв'язок, здатний легко розриватися, тому ненасичені вуглеводні здатні вступати в реакції приєднання водню, галогенів, галогеноводнів тощо:

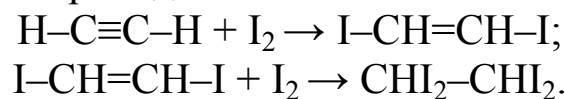


Три цьому відбувається знебарвлення бромної води або розчину йоду в калій йодиді. Ця реакція є якісною на подвійний зв'язок.

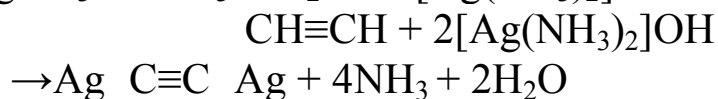
Алкени легко окиснюються хімічними окисниками. Наприклад: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{COH}-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{KOH} + 2\text{MnO}_2\downarrow$.

Цей процес (реакція Вагнера) також є якісною реакцією на подвійний зв'язок.

Алкини, або ацетиленові вуглеводні, мають в своєму складі потрійний зв'язок і є ще більш ненасичені, ніж алкени. Вони теж здатні вступати в реакції приєднання, які відбуваються в дві стадії. Наприклад, реакція приєднання йоду. Спочатку утворюється дийодетилен і потім тетрайодетан:



На відміну від подвійного зв'язку, потрійний зв'язок сильно поляризує сусідній C-H зв'язок, що надає атому Гідрогену додаткової рухливості і сприяє появленню дуже слабких кислотних властивостей. Тому ацетилен реагує з аміачними розчинами гідроксидів металів (Ag, Cu) і утворює солеподібні сполуки ацетиленіди: $\text{AgNO}_3 + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + \text{NH}_4\text{NO}_3$



2. Практична частина

Дослід 1. Добування етилену

<https://www.youtube.com/watch?v=V19KNR92AU>

Рис.1. Пристрій для добування етилену

У суху пробірку внести 2 – 3 мл заздалегідь приготовленої суміші – 1 частини етилового спирту і 3 частини концентрованої сульфатної кислоти (густина 1,84). Далі внести ~ 1 г сухого промитого піску або шматочок пемзи закрити пробкою з газовідвідною трубкою і закріпити у штативі (рис. 1).

Пемзу або пісок додають до суміші для рівномірного кипіння та для запобігання викиду речовини з пробірки. Кінець газовідвідної трубки занурити у пробірку з водою. Суміш нагріти. Утворюється етилен, з яким слід провести наступні досліді.

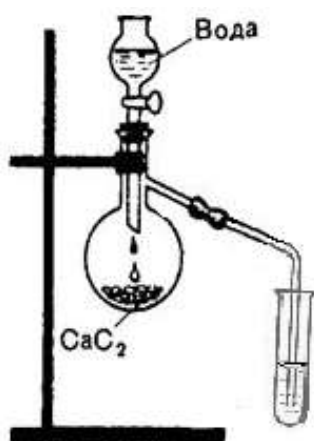
Треба пам'ятати, що перші порції утвореного етилену достатньо концентровані і вибухонебезпечні, тому треба не допускати перегрівання. За високих температур сульфатна кислота може діяти як окисник, що призводить до виділення з суміші етилену, CO_2 і води. Записати спостереження, намалювати установку, навести рівняння реакцій, зробити висновок.

Дослід 2. Реакція приєднання йоду до етилену

В пробірку налити кілька 2-3 мл розчину йоду в калій йодиді. Через газовідвідну трубку в пробірку пропустити етилен, добутий у досліді 1. Пояснити дослід, написати рівняння реакції.

Дослід 3. Окиснення етилену розчином калій перманганату

В пробірку налити 5 мл 1 %-го розчину калій перманганату, додати розчин Na_2CO_3 для створення слабо лужного середовища. Через газовідвідну трубку в суміш пропустити етилен, добутий у досліді 1. Розчин KMnO_4 спочатку буріє, потім випадає бурій осад



манган (IV) оксиду MnO_2 , а етилен окиснюється до двохатомного спирту етиленгліколю ($\text{HOCH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$). Зробити висновок та написати рівняння реакції.

Дослід 4. Добування ацетилену

<https://www.youtube.com/watch?v=kPPcd1wHsxc>

У суху колбу з трубкою вміщують кілька маленьких кусочків кальцій карбїду й закривають її пробкою, в яку вставлена капельна воронка, що має затискач. Прилад закріплюють у штативі. У воронку наливають насичений водний

розчин солі NaCl. (сіль додається, щоб зменшити швидкість виділення ацетилену). Потім краплями розчин приливають в пробірку з кальцій карбідом. Виділяється ацетилен, який використовують для проведення дослідів.

Дослід 5. Утворення аргентум ацетиленіду

<https://www.youtube.com/watch?v=RxtWbTtnu7I>

В пробірку наливають 2 – 3 мл 1%-го розчину аргентум нітрату, після чого додають концентрований розчин амоніаку до зникнення каламуті й осаду. Утворюється аміачний розчин аргентум гідроксиду. До добутого розчину через газовідвідну трубку пропускають раніше одержаний ацетилен. Випадає осад – аргентум ацетиленід.

Дослід 6. Реакція приєднання до ацетилену галогенів (йоду)

<https://www.youtube.com/watch?v=PqaDz-IfrAY>

Газовідвідну трубку приладу, за допомогою якого добувають ацетилен, занурюють у пробірку, що містить 3-5 мл розчину йоду в калій йодиді. Записати спостереження та рівняння відповідних реакцій.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурні формули всіх ізомерів C_4H_8 . Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.

2. Написати структурні формули алкенів та назвати їх за номенклатурою IUPAC: а) метилетилен; б) етилетилен; в) метилетилетилен.

3. Пояснити можливість здійснення реакцій приєднання до алкенів.

4. Записати реакції лабораторних способів одержання алкенів.

5. Вуглеводень C_4H_6 у кількості 10,8 г піддали гідрогенізації, на що було витрачено 8,96 г водню. Записати реакцію та назвати сполуку, що утворилась.

Варіант 2

1. Написати структурні формули всіх ізомерів C_5H_{10} . Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.

2. Написати структурні формули алкенів та назвати їх за номенклатурою IUPAC: а) етилетилен; б) етилпропілен; в) діізопропілетилен.

3. Пояснити подвійний зв'язок в алкінах.

4. Записати реакції промислових способів одержання алкенів.

5. Деякий алкен має відносну густина за воднем 28. При спалюванні 20 г цього алкена утворюється 62,86 г CO_2 і 25,71 г H_2O . Знайти формулу цієї речовини.

Варіант 3

1. Написати структурні формули всіх ізомерів C_6H_{12} . Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.

2. Пояснити правило Марковникова на прикладі пропілену.

3. Перелічити основні хімічні властивості алкенів і проілюструвати їх рівняннями реакцій.

4. Написати рівняння хімічних реакцій взаємодії етилацетилену з HBr , $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.

5. Один моль алкена має масу 112 г і містить 85,71% Карбону і 14,29 % Гідрогену. Визначити формулу алкена.

Варіант 4

1. Записати структурні формули п'яти ізомерів C_6H_{12} . Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.

2. Пояснити будову подвійного зв'язку.

3. Написати рівняння хімічних реакцій взаємодії пропілену з воднем і хлороводнем.

4. Написати схеми реакцій гідратації ацетилену та діетилацетилену за Кучеровим. Назвати продукти реакції.

5. Для повного бромовання газоподібного алкіну масою 3,25 г потрібно 40 г бромів. Визначити формулу алкіну і назвати його, якщо маса 1 л цього газу дорівнює 1,16 г (н. у.).

Варіант 5

1. Написати структурні формули алкінів: 1) бут-1-ин; 2) метилпент-1-ин; 3) гекс-3-ин; 4) 2-метил-5-етилгепт-3-ин.

2. Пояснити будову потрійного зв'язку.

3. Записати рівняння реакції Вагнера. Чим вона відрізняється від окиснення киснем при нагріванні?

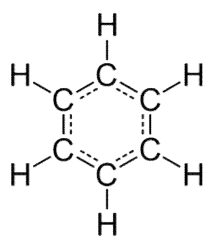
4. Перелічити і записати рівняння якісних реакцій на потрійний зв'язок.

5. Відносна густина алкіну за хлором становить 0,563. Масова частка Карбону в ньому – 90 %, Гідрогену – 10 %. Визначити формулу речовини і назвати його.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 (2.3) РЕАКЦІЇ ЗАМІЩЕННЯ В ГОМОЛОГАХ БЕНЗОЛУ

Мета роботи: Вивчити хімічні властивості аренів; розібрати на конкретних прикладах реакції заміщення в гомологах бензолу

1. Теоретична частина

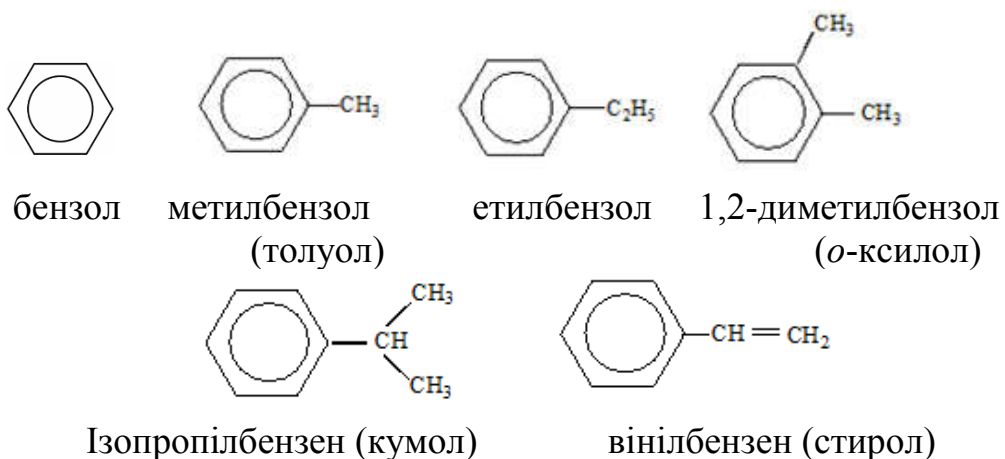


Бензол (бензен) перший представник гомологічного ряду ароматичних вуглеводнів циклічних сполук, атоми яких сполучені ароматичним зв'язом (sp^2 -гібридизований, симетричний делокалізований). Молекулярна формула C_6H_6 . Безбарвна летка рідина з характерним запахом.

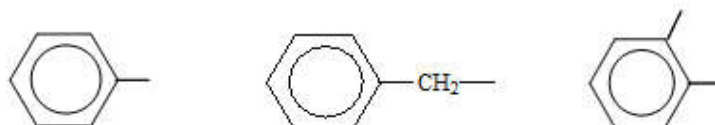
Номенклатура та ізомерія

За міжнародною номенклатурою арили розглядають як продукти заміщення бензолу: метилбензол, етилбензол, вінілбензол і т. д. При наявності в бензольному кільці двох і більше замісників їх положення вказують цифрами. У дизаміщених бензолу поряд із цифровим позначенням положень замісників застосовують також префікси: *орто-* (*o-*) положення – 1,2; *мета-* (*m-*) положення – 1,3 та *пара-* (*p-*) положення – 1,4.

Крім систематичних назв в ряді одноядерних аренів збереглися і тривіальні назви: бензол, толуол, ксилол, кумол та ін. Нижче наведено деякі представники аренів (тривіальні назви подано в дужках):

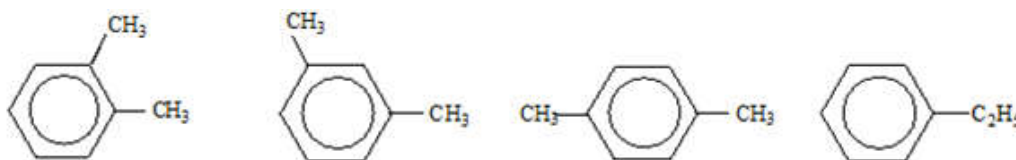


Одновалентні радикали ароматичних вуглеводнів мають загальну назву *арили* (Ar):



феніл бензил *o*-фенілен

Бензол не має ізомерів. Ізомерія гомологів бензолу залежить від ізомерії замісників (структурна, просторова, ізомерія положення функціональної групи та її природи). Так, дизаміщені похідні бензену існують у трьох ізомерних формах, які мають різне розміщення замісників у кільці (ізомери положення), та ізомерію природи функціональної групи:



1,2-диметилбензен 1,3-диметилбензен 1,4-диметилбензен етилбензен
(*o*-ксилол) (*m*-ксилол) (*n*-ксилол)

Хімічні властивості

Незважаючи на те, що за формулою бензол мусить бути ненасиченою сполукою, для нього і його гомологів та для інших аренів більш характерні реакції заміщення, а не приєднання (як для олефінів, алкінів тощо).

Реакційна здатність бензолу і його гомологів визначається головним чином наявністю в структурі замкненої π -електронної системи (ароматичного кільця), яка є областю підвищеної електронної густини молекули і здатна притягувати позитивно заряджені частинки – *електрофіли* (частинки з дефіцитом електронної густини). Ці частинки притягуються надлишком електронної густини інших молекул за рахунок електростатичного тяжіння.

Арени, на відміну від ненасичених сполук, при взаємодії з електрофільними реагентами більше схильні не до реакцій приєднання, а до реакцій заміщення, оскільки при цьому зберігається їх ароматична система.

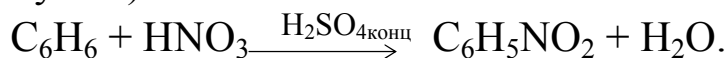
Реакції електрофільного заміщення (S_E)

Бензол і його гомологи порівняно легко вступають у реакції електрофільного заміщення. Утворення електрофільних частинок для участі в реакції можливе різними способами – під дією π -електронної системи бензольного кільця, каталізатора, розчинника та ін.

До найважливіших реакцій цього типу відносяться реакції нітрування, галогенування, сульфування, алкілування та ін.

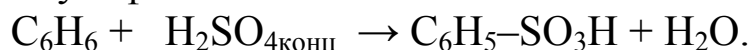
1. Нітрування

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



2. Сульфування

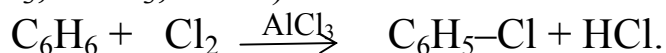
Сульфування є процесом заміщення атома Гідрогену в бензольному ядрі на сульфогрупу SO_3H . В результаті взаємодії утворюються арилсульфо кислоти.



Для збільшення виходу цільового продукту беруть надлишок концентрованої сульфатної кислоти.

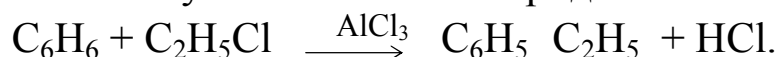
3. Галогенування

Заміщення атома Гідрогену в бензольному ядрі на атом хлору або бромю здійснюють дією вільного хлору або бромю в присутності каталізаторів – AlCl_3 , FeBr_3 , та ін.):



4. Алкілування за Фріделем – Крафтсом

Для введення алкільної групи в молекулу бензолу та його гомологів як електрофільні реагенти найчастіше використовують галогеналкани. Взаємодія аренів з галогеналканами відбувається в присутності каталізаторів – AlCl_3 , FeCl_3 , ZnCl_2 , BF_3 , SnCl_2 та ін.), з яких найчастіше застосовують алюміній хлорид:



Орієнтуюча дія замісників в похідних бензолу в реакціях заміщення

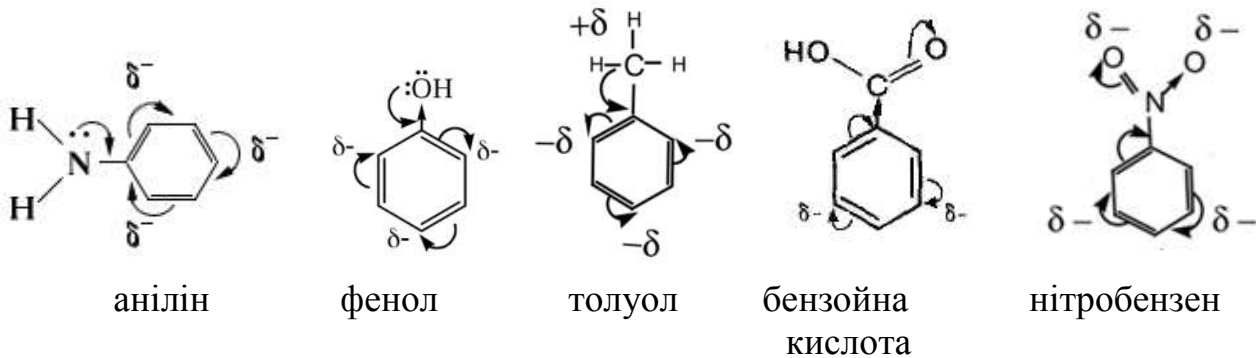
Якщо в ядрі вже міститься який-небудь замісник, то другий замісник вступає в певне положення в ядрі в залежності від природи першого замісника. Таким чином, кожен замісник в бензольному ядрі має певну орієнтуючу дію, що пояснюється перерозподілом електронної густини в ядрі і концентрацією негативного заряду біля певних атомів з утворенням реакційного центра молекули.

За орієнтуючою дією замісники поділяють на дві групи:

замісники першого роду (активують *o*-, *n*-положення і є *o*-, *n*-орієнтантами) алкільні радикали $-\text{CH}_3$, C_2H_5 та ін., гідроксильна група OH , аміногрупа NH_2 , атоми галогенів – Cl , Br , I ;

замісники другого роду (*m*-орієтанти, активують *m*-положення) – нітрогрупа NO_2 , сульфогрупа SO_3H , альдегідна CHO та карбоксильна – COOH групи.

Нижче наведені приклади розподілу електронної густини в похідних і гомологах бензолу з замісниками першого і другого роду:

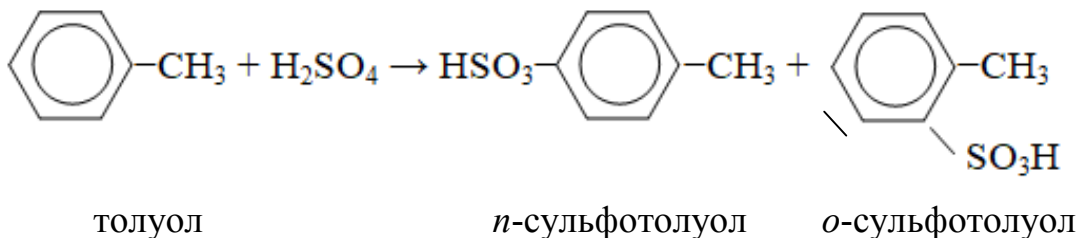


Замісники першого роду містять одинарні зв'язки та є донорами електронів, їх електронні хмари зміщуються у бік бензольного ядра, що підвищує реакційну здатність атомів Гідрогену в *o*- і *p*-положеннях і полегшують реакції заміщення.

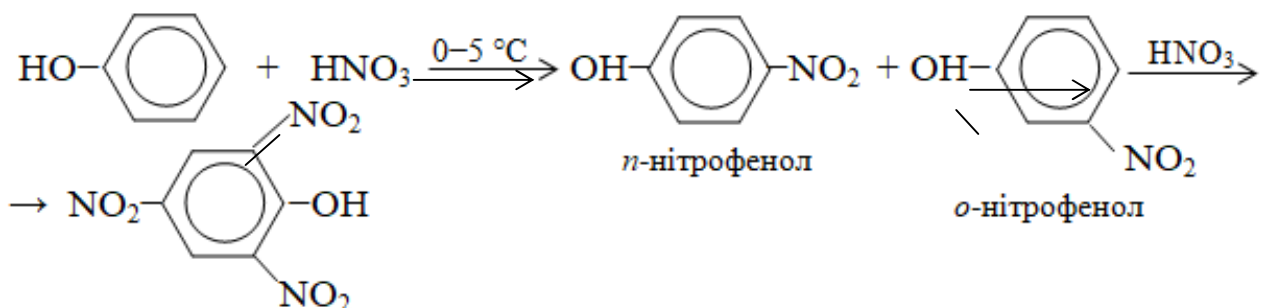
Для замісників другого роду характерна наявність подвійних чи потрійних зв'язків, вони відтягують електронну густину з ядра і зазвичай взагалі ускладнюють реакції заміщення. Відносно легко відбувається заміщення в *m*-положення.

Наприклад, для нітрування бензолу потрібно нагрівати його з сумішшю концентрованих $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$, тоді як фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ легко нітрується HNO_3 розб. при кімнатній температурі з утворенням *o*- і *p*-нітрофенолу. Нижче наведені приклади реакцій заміщення в гомологах і похідних бензолу:

а) сульфування толуолу:



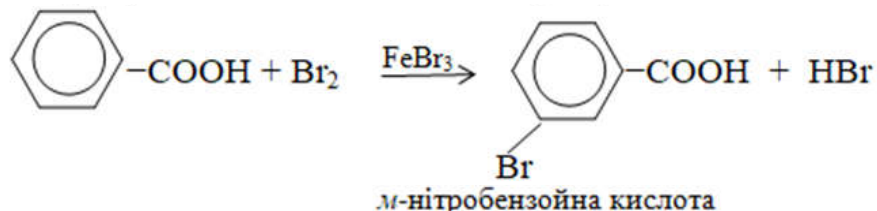
б) нітрування фенолу



n-нітрофенол $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_2$

└ тринітрофенол (пікринова кислота)

в) реакції заміщення в бензойній кислоті:



Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурні формули всіх відомих вам ізомерів C_9H_{12} . Назвати ці речовини за міжнародною номенклатурою.
2. Указати розподіл електронної густини в молекулах нітробензолу та аніліну.

Варіант 2

1. Написати структурні формули всіх відомих вам ізомерів C_8H_{10} . Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.
2. Указати розподіл електронної густини в молекулах бензойної кислоти та фенолу.

Варіант 3

1. Написати структурні формули всіх відомих вам ізомерів *n*-сульфофенолу. Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.
2. Указати розподіл електронної густини в молекулах толуолу та сульфобензолу.

Варіант 4

1. Написати структурні формули всіх відомих вам ізомерів *m*-сульфоетилбензену. Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.
2. Указати розподіл електронної густини в молекулах хлорбензолу та нітробензолу.

Варіант 5

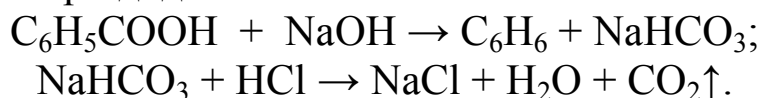
1. Написати структурні формули всіх відомих вам ізомерів *n*-нітроетилбензену. Назвати ці речовини за номенклатурою IUPAC.
2. Указати розподіл електронної густини в молекулах фенілацетальдегіду та бромбензолу.

Мета роботи: ознайомитися з лабораторним способом отримання бензола. Вивчити деякі фізичні та хімічні властивості бензолу та его гомологів

1. Теоретична частина

Молекула бензолу являє собою правильний плоский шестикутник. Усі карбонові атоми знаходяться у стані sp^2 -гібридизації. При цьому кожний атом Карбону утворює три σ -зв'язки (один C–H, два C–C), які лежать в одній площині під кутом 120° один до одного. Одну p -орбіталь атом надає для утворення замкненої спряженої системи, електронна густина в якій розподілена між карбовоними атомами та сконцентрована головним чином над і під площиною σ -скелета молекули. Такий зв'язок називається ароматичним. Ним зумовлена сукупність специфічних властивостей бензену, а саме висока стабільність, інертність в реакціях приєднання та схильність до реакцій заміщення.

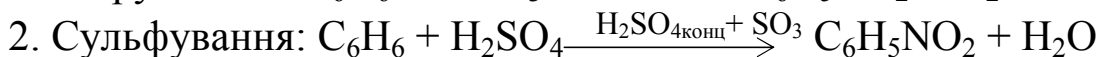
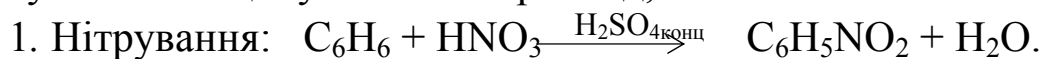
В лабораторії бензол можна отримати при нагріванні бензойної кислоти з натронним вапном. При цьому також утворюється сода, яка розкладається при додаванні сильної кислоти:



Реакції заміщення

Незважаючи на те, що за формулою бензол мусить бути ненасиченою сполукою, для нього і його гомологів та для інших аренів більш характерні реакції заміщення, а не приєднання (як для олефінів, алкінів тощо).

Бензен і його гомологи порівняно легко вступають у реакції електрофільного заміщення. До найважливіших реакцій цього типу належать реакції нітрування, галогенування, сульфування, алкілування та ацилування. Наприклад,



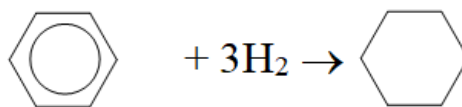
та ін. (див. лабораторну 2.3.).

Реакції приєднання

Реакції приєднання для ароматичних вуглеводнів не є характерними. Проте за жорстких умов вони все ж відбуваються.

1. Гідрування

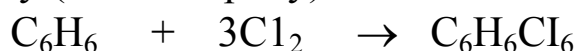
За підвищених температурі та тиску, в присутності каталізаторів, з яких частіше використовують дрібнопористий нікель (нікель Ренея), бензен і його гомологи приєднують три молекули водню, утворюючи циклогексан і його похідні:



Гомологи гідруються зна

2. Хлорування

При інтенсивному сонячному освітленні або під дією УФ-випромінювання бензол приєднує хлор. Реакція проходить за радикальним механізмом, з утворенням суміші стереоізомерів гексахлорциклогексану (гексахлорану):



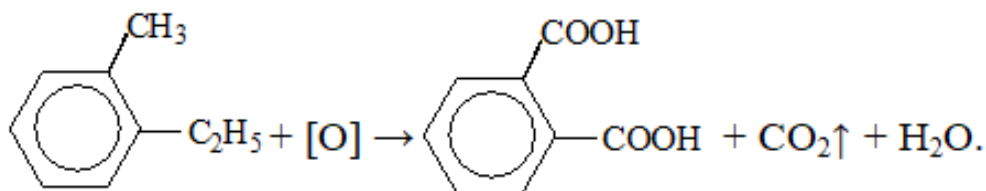
Реакції окиснення

1. Окиснення бензолу

Бензолне кільце дуже стійке до дії окисників. За звичайних умов такі сильні окисники, як KMnO_4 , HNO_3 не окиснюють бензен. Але за жорстких умов, наприклад при дії кисню в присутності каталізатора V_2O_5 , при температурі 400–500 °С бензолне ядро окислюється.

2. Окиснення гомологів бензену

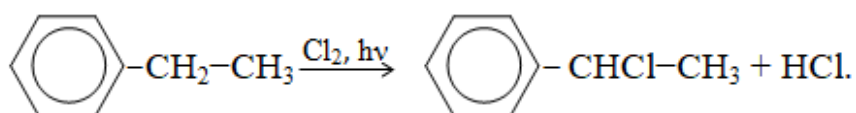
Алкілбензоли, на відміну від незаміщеного бензолу, окиснюються значно легше. В цьому випадку при дії сильних окисників піддаються окисненню бокові ланцюги. Будь який алкільний радикал в бензеновому кільці, незалежно від довжини карбонового ланцюга, окиснюється в карбоксильну групу, тобто утворюються ароматичні карбонові кислоти. Наприклад, *o*-етилтолуол окиснюється до *o*-фталевої кислоти:

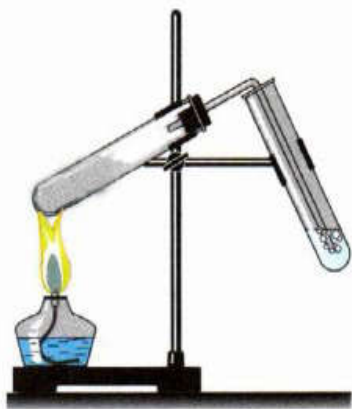


o-фталева кислота

Реакції в боковому ланцюзі

В умовах радикального заміщення (при дії світла) відбувається галогенування гомологів бензолу в боковому ланцюзі:





2. Практична частина

Дослід 1. Добування бензолу з натрій бензоату і вивчення його властивостей

У ступці готують тонко подрібнену суміш з 2 г бензойної кислоти і 4 г натронного вапна. Отриману суміш пересипають в пробірку і закривають пробкою з газовідвідною трубкою. Кінець газовідвідної трубки опускають в суху пробірку, занурену в воду з льодом (або снігом). Пробірку з сумішшю ретельно прогривають в полум'ї спиртівки до утворення прозорого розчину. При подальшому нагріванні в приймальній пробірці утворюється бензен, який зазвичай кристалізується. Він має характерний запах. До вихідної суміші додають 1-2 краплі хлоридної кислоти. Записати спостереження і реакції відповідних процесів.

Отриманий бензен розділяють на три пробірки.

Дослід 2. Вивчення розчинності бензену в різних розчинниках

В одні пробірку додають 1 мл води, в другу 1 мл етанолу. Збовтують вміст пробірок і спостерігають розчинність в даних розчинниках. Зробити висновки щодо розчинності бензолу в воді та спирті.

Дослід 3. Згоряння бензену (дослід проводять у витяжній шафі)

В фарфорову чашку помістити одну краплю бензену і підпалити його. Визначити характер полум'я та пояснити його.

Дослід 4. Реакції заміщення для бензолу та толуолу

У дві пробірки налити по 0,5 мл бензолу та толуолу і додати по 1 мл спиртового розчину йоду у KI. Суміші енергійно струсити і дати відстоятися. Записати спостереження, рівняння відповідних реакцій та висновки.

Дослід 5. Вивчення процесів окиснення бензолу та його гомологів

У дві пробірки налити по 0,5 мл бензену та толуену і додати по 1 мл розчину калій перманганату та одну краплю розчину сульфатної кислоти для створення кислого середовища. Записати спостереження, рівняння відповідних реакцій та висновки.

Варіант 1

1. Перелічити і пояснити фізичні властивості бензолу
2. Записати реакції промислового та лабораторного добування бензену та його гомологів.
3. Записати реакції хлорування бензену та толуену за наступних умов: а) при освітленні; б) при наявності каталізатору FeCl_3 .

Варіант 2

1. Пояснити розчинність бензолу у воді та органічних розчинниках.
2. Пояснити відміни у хімічних властивостях ненасичених вуглеводнях алкенах і аренах.
3. Записати реакції бромовання бензолу та толуолу.

Варіант 3

1. Пояснити, чому сульфопохідні аренів краще розчинні у воді, ніж самі арени.
2. Перелічити та навести приклади реакцій заміщення, характерних для аренів.
3. Пояснити відміни в реакціях окиснення для бензолу та його гомологів.

Варіант 4

1. Показати розподіл електронної густини в молекулах бензолу, толуолу, сульфобензолу.
2. Записати та пояснити механізми реакцій бромовання та сульфування бензолу та толуолу.
3. Пояснити реакційну здатність аренів в реакціях заміщення і приєднання в порівнянні з алканами і алкенами.

Варіант 5

1. Показати розподіл електронної густини в молекулах фенолу, нітробензолу, бензойній кислоті.
2. Записати та пояснити механізми реакцій нітрування та алкілювання бензолу та толуолу.
3. Пояснити, з якими класами вуглеводнів можна порівняти реакційну здатність бензолу до броду з алканами або з алкенами.

МОДУЛЬ III. ВЛАСТИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОХІДНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 (3.1) ВЛАСТИВОСТІ СПИРТІВ

Мета роботи: ознайомитися з властивостями окисполук.. Вивчити фізичні та хімічні властивості одноатомних і багатоатомних спиртів

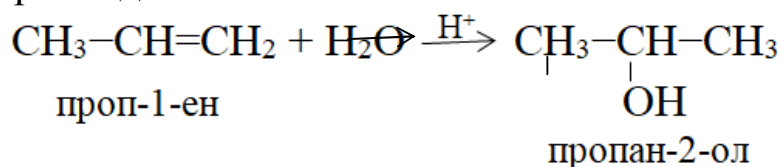
1. Теоретична частина

Спирти – органічні сполуки, що містять у складі своїх молекул одну або кілька гідроксильних груп. За кількістю ОН-груп їх класифікують на одноатомні (алкоголі), двохатомні (гліколи), трьохатомні (гліцерини) та багатоатомні. За положенням гідроксильної групи в молекулі спирту їх поділяють на первинні, вторинні й третинні. Спирти можуть бути насичені й ненасичені, ациклічні й циклічні, похідними гомологів бензолу.

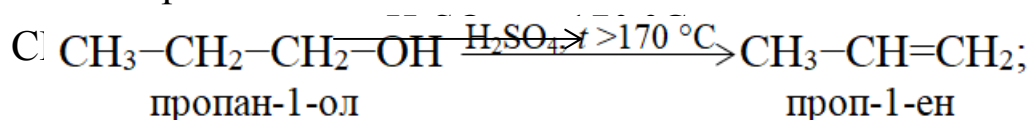
Нижчі одноатомні спирти (СН₃ОН С₄Н₉ОН) легко розчиняються у воді. Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга розчинність спиртів зменшується. Для нижчих спиртів характерний спиртовий запах. Густина всіх спиртів менша за одиницю.

Спирти добувають різними способами. Ряд низькомолекулярних спиртів (етанол, пропанол, бутаноли) добувають бродінням вуглеводів, метанол – у результаті сухої перегонки тирси. Більшість спиртів добувають синтетичними методами – з алкенів гідратацією або гідробромованням, гідролізом відповідних галогенопохідних вуглеводнів, відновленням альдегідів і кетонів, карбонових кислот та естерів:

Приклад:



Гідратація відбувається за правилом Марковникова. Використовуючи цю реакцію з первинних спиртів можна отримати вторинні спирти:



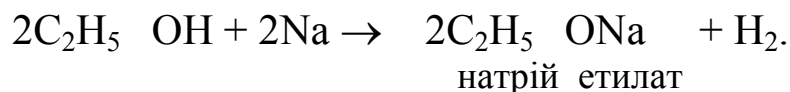
Внутрішньомолекулярна дегідратація відбувається за правилом Зайцева. Далі з отриманого алкена добувають вторинний спирт.

Хімічні властивості

Для спиртів характерні реакції за участю групи CH_2OH , радикалу та окисні реакції.

1. Взаємодія з металами

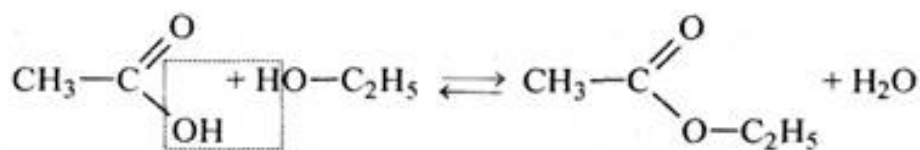
Спирти виявляють слабкі кислотні та слабкі основні властивості, тобто вони є амфотерними речовинами. Як кислоти, вони взаємодіють з металами (Na, K, Mg, Al та ін.) з утворенням алкоголятів.



Алкоголяти легко розкладаються водою до вихідних спиртів, що підтверджує, що спирти є більш слабкими кислотами, ніж вода.

2. Реакція естерифікації

В результаті взаємодії спиртів із кислотами у присутності $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ як водовіднімаючого засобу утворюються естери:

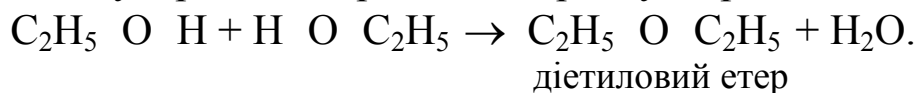


етиловий естер ацетатної кислоти,
етилетаноат

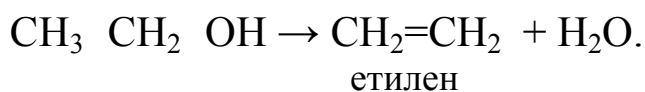
3. Дегідратація спиртів

При нагріванні спиртів у присутності концентрованих H_2SO_4 , H_3PO_4 спирти відщеплюють воду, тобто піддаються дегідратації. У залежності від природи спирту та умов проведення реакція дегідратації може проходити міжмолекулярно та внутрішньомолекулярно.

При міжмолекулярній дегідратації спиртів утворюються етери:

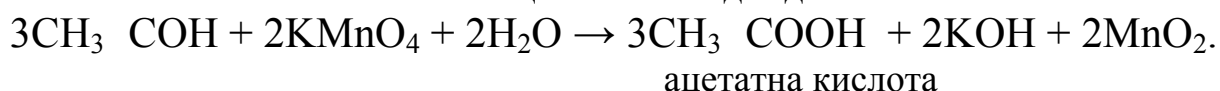
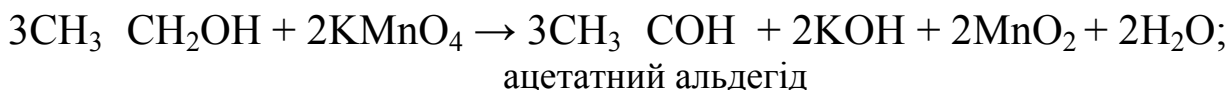


У результаті внутрішньомолекулярної дегідратації утворюються алкени:

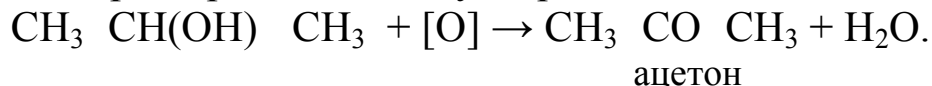


4. Окиснення

Первинні, вторинні та третинні спирти по-різному відносяться до дії окисників. Так, етанол спочатку окиснюється до ацетатного альдегіду, який окиснюється до ацетатної кислоти:



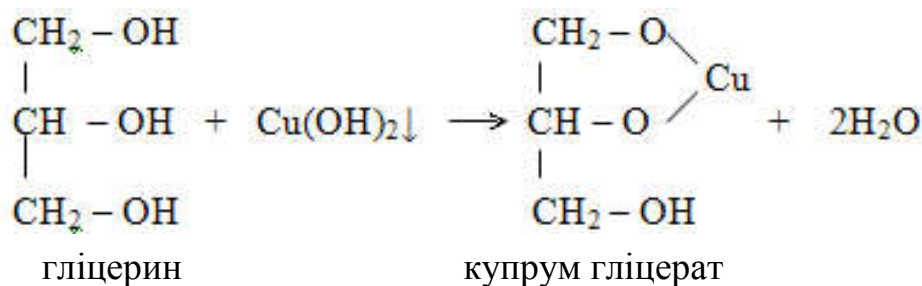
Вторинні спирти при окисненні утворюють кетони:



Третинні спирти стійкі до окиснення, за жорстких умов вони окиснюються з розривом карбонового ланцюга та утворенням суміші кетонів та карбонових кислот.

Етиловий спирт-ректифікат містить у своєму складі 95,6 % спирту і 4,4 % води. Вода не може бути виділена зі спирту звичайною перегонкою, оскільки вода і спирт утворюють азеотропну суміш.

Гліцерин $\text{HOCH}_2\text{CHONCH}_2\text{OH}$ – трьохатомний спирт, має властивості, аналогічні одноатомним спиртам. Крім того, він легко взаємодіє з гідроксидами металів з утворенням гліцератів. Наприклад, з купрум гідроксидом утворюється купрум гліцерат синього кольору. Ця реакція є якісною на багатоатомні спирти:



Гліцерин легко піддається окисненню. Взаємодія супроводжується виділенням великої кількості теплоти і газоподібних продуктів (CO_2 , пари води), які захоплюють за собою гарячі тверді частинки діоксиду марганцю MnO_2 і карбонату калію K_2CO_3 :



Якісною реакцією на етиловий спирт є йодоформна проба: утворення характерного жовтуватого осаду йодоформу при дії на спирт йоду і луку:



2. Практична частина

Дослід 1. Відкриття наявності води в етанолі та його зневоднення

В пробірку налити 1–2 мл етанолу і додати кілька кристаликів прожареного білого порошку купрум сульфату, перемішати струшуванням. Записати спостереження.

Дослід 2. Окиснення етанолу розчином калій перманганату

<https://www.youtube.com/watch?v=NmOoH-Xpnd0>

У пробірку налити 2 – 3 мл етанолу і додати такий самий об'єм 5 %-го розчину калій перманганату і нагріти суміш. Зробити висновок, записати спостереження, написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 3. Одержання купрум гліцерату

<https://www.youtube.com/watch?v=4Er9EoFUQwg>

В пробірку внести 1...3 мл 5 %-го розчину натрій гідроксиду і додати кілька крапель 5 %-го розчину купрум сульфату. Випадає блакитний драглистий осад купрум (II) гідроксиду. Після цього в суміш краплями додати гліцерин, збовтати. Записати спостереження, рівняння реакції та зробити висновок.

Дослід 4. Окиснення гліцерину калій перманганатом

<https://www.youtube.com/watch?v=fpQcQe26aZs>

У фарфорову чашку покласти шматок ватки, на яку насипати кристалічний калій перманганат. Поверх налити 1 мл гліцерину та декілька крапель концентрованої сульфатної кислоти. Гліцерин, а згодом і вата спалахує. Гліцерин окислюється вуглекислого газу і води. Записати спостереження і висновки.

Дослід 5. Якісна реакція на етанол

<https://www.youtube.com/watch?v=Id3ngs6WdqE>

В пробірку внести 1–3 мл спирту і додати кілька крапель розчину Люголя, що містить йод у гліцерині. Далі додавати краплями розбавлений розчин лугу. Випадає осад йодоформу. Записати спостереження, рівняння реакції та зробити висновок.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурні формули всіх спиртів з формулою C_4H_9OH . Назвати їх за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.

2. Написати хімічні реакції процесу перетворення первинного пропілового спирту на вторинний.

3. Написати рівняння реакції окиснення 2,3-диметилбутан-1-олу.

4. Використання спиртів в харчовий промисловості.

Варіант 2

1. Написати структурні формули всіх спиртів з формулою $C_6H_{13}OH$. Назвати їх за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.

2. Написати рівняння реакцій добування первинних, вторинних і третинних спиртів.

3. Написати рівняння реакції, яка характеризує кислотні властивості спиртів.

4. Властивості та використання метанолу.

Варіант 3

1. Написати структурні формули всіх спиртів з формулою $C_5H_{12}O$. Назвати їх за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.

2. Написати рівняння хімічних реакцій, за допомогою яких добувають метанол, етанол і пропан-2-ол.

3. Написати рівняння реакції окиснення 2-метилпентан-1-олу.

4. Описати процеси бродіння зерен ячменю при виробництві пива.

Варіант 4

1. Написати структурні формули всіх сполук з формулою $C_6H_{14}O$. Назвати їх за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.

2. Які фізичні властивості характерні для одно-, двох і трьохатомних спиртів? Чим вони відрізняються?

3. Навести приклади міжмолекулярної та внутрішньо молекулярної дегідратації пропанолу.

4. Дати коротку характеристику головних технологічних процесів добування етанолу з картоплі.

Варіант 5

1. Написати структурні формули всіх сполук з формулою $C_4H_{10}O$. Назвати їх за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.

2. Чим відрізняються хімічні властивості ненасичених і ароматичних спиртів від хімічних властивостей насичених спиртів? Проілюструвати прикладами.

3. Які властивості спиртів визначаються утворенням водневого зв'язку?

4. Яке значення мають спирти для народного господарства, хімічної промисловості, медицини й ветеринарії?

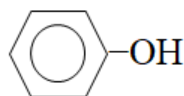
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9 (3.2) ВЛАСТИВОСТІ ФЕНОЛУ

Мета роботи: ознайомитися з властивостями фенолу. Вивчити деякі фізичні та хімічні властивості фенолу

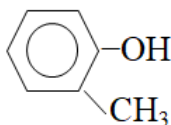
1. Теоретична частина

Номенклатура та ізомерія

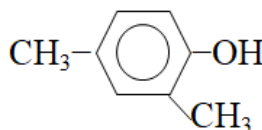
Найпростішим одноатомним фенолом є гідроксибензол сам фенол (карболова кислота). За номенклатурою ІУРАС феноли розглядають як заміщені бензолу, причому нумерація починається від атома С, з яким сполучена ОН-група. Найчастіше для фенолів, як і для інших ароматичних сполук, застосовуються тривіальні назви. Взаємне розміщення замісників, як і в інших похідних бензолу, відзначають префіксами *орто-*, *мета-*, *пара-*.



фенол

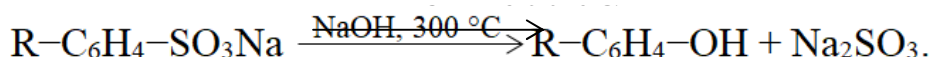


о-крезол

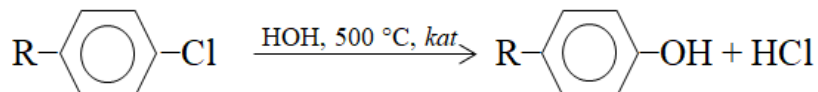


2,4-диметил-1-гідроксибензен

1. Сплавлення солей сульфокислот з лугом один із найстаріших методів і придатний для добування будь-яких фенолів (у тому числі багатоатомних):



2. Гідроліз ароматичних галогеновмісних сполук твердими їдкими лугами або перегрітою парою над каталізаторами один із сучасних промислових методів добування фенолів:



Одноатомні феноли є кристалічними речовинами, хоча деякі з них рідини, леткі з водяною парою. Феноли безбарвні, з характерним різким запахом, мають сильну антисептичну дію. Феноли розчинні в більшості органічних розчинників і погано розчинні у воді. При підвищенні температури розчинність фенолу збільшується.

Хімічна поведінка фенолів зумовлена наявністю в молекулах гідроксигрупи й ароматичного кільця і має ряд особливостей, спричинених взаємним впливом цих груп. Вільні пари π -електронів атома Оксигену гідроксильної групи взаємодіють з σ -електронами бензенового кільця, внаслідок чого утворюється спільна електронна орбіталь, що охоплює бензенове кільце та атом Оксигену.

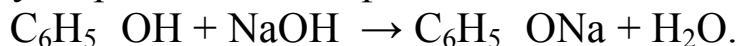
Електронна густина гідроксигрупи зміщується від атома Оксигену в бік ароматичного кільця, а Оксиген відтягує до себе електронну хмару від атома Гідрогену, який легко протонується. У результаті цього кислотні властивості фенолів значно посилюються порівняно зі спиртами і фенол часто називають «карболовою кислотою».

Проте він є досить слабкою кислотою порівняно навіть з карбонowymi та карбонатною кислотами.

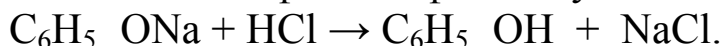
Гідроксильна група зумовлює підвищення електронної густини на ароматичному кільці, особливо в *o*- і *n*-положеннях, завдяки чому значно полегшуються реакції електрофільного заміщення в кільці.

A. Реакції фенольного гідроксилу

1. Взаємодія з водними розчинами лугів. Посилення кислотних властивостей фенолів порівняно зі спиртами визначається тим, що феноли реагують не тільки з лужними металами, а й з водними розчинами лугів, утворюючи солі феноляти:



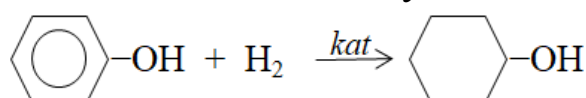
Сильні кислоти витісняють фенол з феноляту:



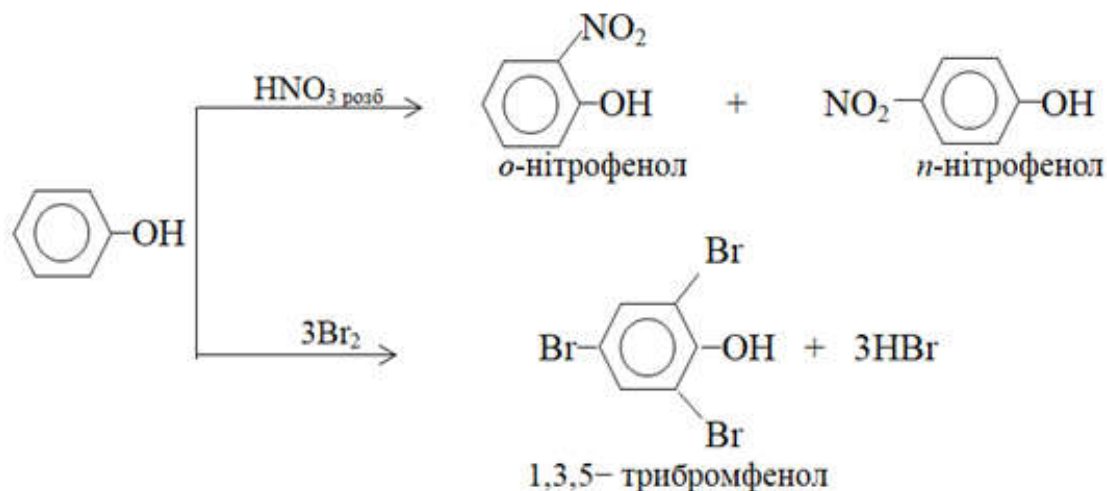
2. Взаємодія з ферум(III) хлоридом FeCl_3 зумовлює утворення комплексних сполук фенолятів Феруму, які мають характерне забарвлення синіх, відтінків. Ця реакція є якісною на феноли.

B. Реакції бензольного кільця

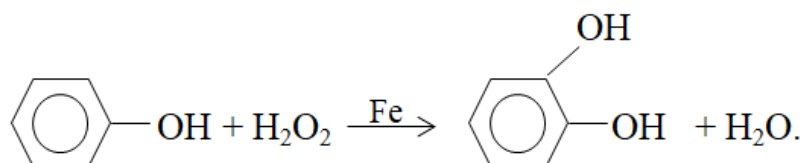
1. Гідрування фенолу відбувається при $150\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $20 \cdot 10^2$ кПа за наявності каталізатора (подрібненого нікелю на алюміній оксиді) і є основним промисловим методом добування циклогексанолу:



2. Електрофільне заміщення в бензольному кільці (S_E) відбувається під дією групи OH орієтанта 1-го роду набагато легше, ніж у бензолу:



3. Окиснення фенолів відбувається досить легко, навіть киснем повітря, і супроводжується зміною забарвлення. Так, у результаті дії гідроген пероксиду та лугів утворюються двоатомні феноли, наприклад:



Легка окисність фенолів дала змогу використовувати їх як антиоксиданти для захисту від окиснення вуглеводнів, оксосполук, жирів.

2. Практична частина

Дослід 1. Кислотні властивості фенолу. Утворення фенолу з фенолятів

В суху пробірку помістити декілька кристалів фенолу на кінці шпателью і додати 1-2 мл води, струсити. Виникає емульсія каламутно-білого кольору. У суміш додати краплями розчин натрій гідроксиду. Утворюється прозорий розчин натрій феноляту у воді. Додати 1-2 мл 10 %-го розчину сульфатної кислоти. Записати рівняння реакцій, спостереження та висновки.

Дослід 2. Добування суміші мононітрофенолів

В пробірку наливають 5-6 мл 50 %-го розчину нітратної кислоти, додають розчин фенолу у воді і обережно збовтують. Відбувається екзотермічна реакція, яку проводять при охолодженні до 5 °С. Через 4-10 хвилин вміст пробірки виливають у колбу з 50-100 мл води. На дні колби осідають краплі бурої олійстої рідини суміш мононітрофенолів. Суміш можна розділити перегонкою і отримати *o*-нітрофенол – блідо-жовті кристали. Записати рівняння реакцій, спостереження та висновки.

Дослід 3. Кольорова реакція на фенол

https://www.youtube.com/watch?v=3oig4Mu-e_g

Розчинити кристал фенолу у спирті об'ємом 2 см³. Додати 2 краплі розчину ферум (III) хлориду ($\omega(\text{FeCl}_3) = 1\%$).

Записати спостереження та висновки.

Дослід 4. Взаємодія фенолу з бромною (йодною) водою

<https://www.youtube.com/watch?v=5kRfHtlW2ig>

Дослід проводиться у витяжній шафі. Один кристал фенолу струсити з водою об'ємом 1 см³, потім по краплях додати надлишок бромної (йодної) води. Записати рівняння реакцій, спостереження та висновки.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурні формули всіх сульфофенолів. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.

2. Написати хімічні реакції процесу окиснення фенолу.

3. Написати механізм хлорування фенолу.

4. Записати реакції перетворень: толуол \rightarrow *o*-хлортолуол \rightarrow *o*-крезол \rightarrow натрій крезолят.

Варіант 2

1. Написати структурні формули всіх нітрофенолів. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.

2. Записати механізм сульфування фенолу.

3. Написати рівняння реакції, яка характеризує кислотні властивості фенолу.

4. При дії надлишку натрій гідроксиду на фенол виділилося 4,48 л водню (н.у.). Визначити масу фенолу, що брала участь у реакції.

Варіант 3

1. Написати структурні формули всіх хлорфенолів. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.

2. Написати рівняння хімічних реакцій одержання фенолу в лабораторії.

3. Записати механізм ацилування фенолу.

4. При взаємодії фенолу з надлишком брому з бромної води утворилося 0,1 моля *o*-бром фенолу. Записати рівняння реакції і визначити масу фенола, що прореагував.

Варіант 4

1. Написати структурні формули всіх ізомерів саліцилової кислоти. Назвати їх номенклатурою IUPAC.
2. Коротко описати фізичні властивості фенолу.
3. Навести приклади реакцій заміщення для фенолу.
4. Записати реакції перетворень: фенол \rightarrow натрій фенолят \rightarrow фенол \rightarrow *o*-хлорфенол.

Варіант 5

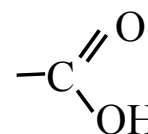
1. Написати структурні формули всіх ізомерів дибромфенолу. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.
2. Чим відрізняються хімічні властивості спиртів і фенолу? Проілюструвати прикладами.
3. Записати механізм алкілювання фенолу.
4. Записати реакції перетворень: пропан \rightarrow фенол \rightarrow натрій фенолят \rightarrow *X* трибромфенол.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10 (3.3) ВЛАСТИВОСТІ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

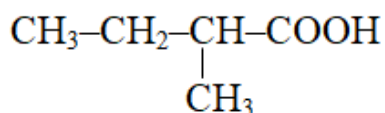
Мета роботи: ознайомитися з властивостями карбонних кислот. Вивчити фізичні та хімічні властивості карбонних кислот

1. Теоретична частина

Карбонними кислотами називаються сполуки, які містять карбоксильну групу:



У назвах карбонних кислот дуже широко використовують тривіальну номенклатуру. Наприклад, HCOOH – мурашина кислота, CH₃COOH – ацетатна кислота, CH₃CH₂CH₂COOH – масляна і т. д. Положення замісників стосовно карбоксильної групи в тривіальних назвах позначають грецькими буквами α , β , γ , та ін., наприклад:



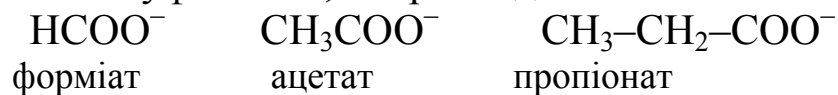
α -метилмасляна кислота

За замісничковою номенклатурою ІЮПАК назви карбонних кислот утворюють з назв вихідних вуглеводнів з тим самим числом атомів Карбону:

H–COOH
метанова кислота

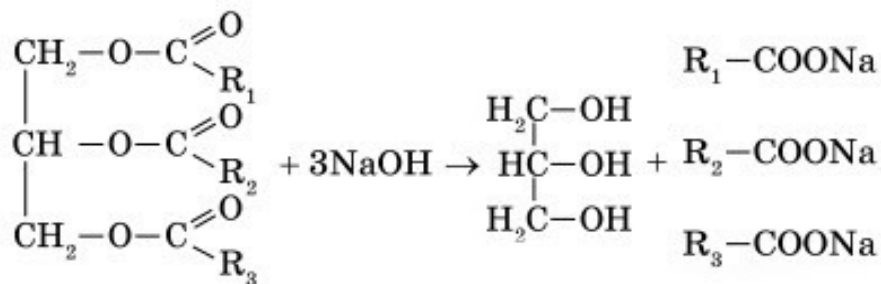
CH₃CH₂–COOH
пропанова кислота

Назви кислотних залишків звичайно утворюють з тривіальних латинських назв кислот і суфікса -ат, наприклад:



Ізомерія насичених монокарбонових кислот зумовлена різною структурою радикала. Карбонові кислоти ізомерні естерам.

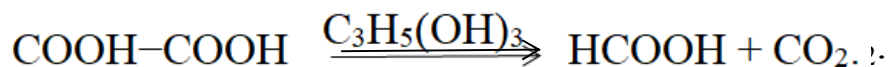
Вищі жирні кислоти добувають омиленням жирів і подальшим виділенням вільних кислот взаємодією мил з сильними неорганічними кислотами:



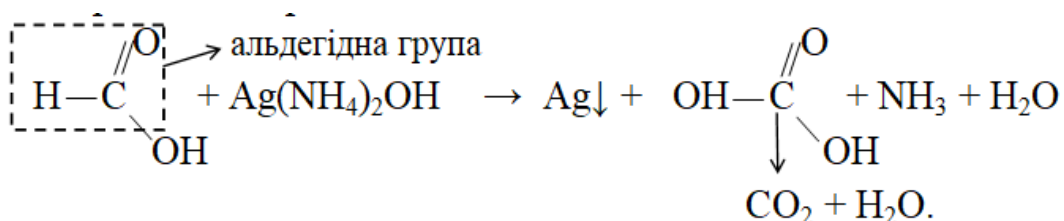
Мурашину кислоту добувають в лабораторії з хлороформу:



або з оксалатної кислоти у присутності гліцерину:



Наявність мурашиної кислоти в системі можна перевірити, наприклад, реакцією «срібного дзеркала», оскільки ця кислота є альдегідоспиртом:



Цей метод використовується в промисловості для добування багатьох карбонових кислот. При окисненні алканів киснем повітря у присутності каталізатора (солі Co, V) утворюється суміш карбонових кислот, яку потім розділяють. Реакція супроводжується розривом карбон-карбонових зв'язків.

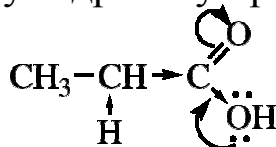
Нижчі карбонові кислоти до C₃ є легкими рухливими рідинами з гострим запахом. Кислоти з C₄–C₉ – маслянисті рідини з неприємним запахом, що нагадує запах поту. Карбонові кислоти з числом атомів Карбону C₁₀ і вище є твердими речовинами. Мурашина, ацетатна та пропіонова кислоти змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Зі збільшенням молекулярної маси кислоти роз-

чинність у воді сильно зменшується. Вищі карбонові кислоти нерозчинні у воді.

Карбонові кислоти, внаслідок утворення міжмолекулярних водневих зв'язків, утворюють як лінійні, так і циклічні асоціати у вигляді димерів.

Хімічні властивості

Реакційна здатність карбонових кислот визначається в основному наявністю в їх структурі карбоксильної групи. В результаті зміщення електронної густини зв'язок O–H є сильно поляризованим, що приводить до появи у карбоксильної групи кислотних властивостей. Крім того, в молекулі карбонової кислоти відбувається зміщення електронної густини з вуглеводневого залишку, що приводить до появи рухливості атому Гідрогену при α -карбоновому атомі.

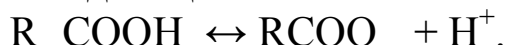


Основні реакції карбонових кислот можна умовно розділити на чотири групи:

1. За участю зв'язку O–H (кислотні властивості);
2. Реакції заміщення гідроксильної групи;
3. Заміщення атомів водню при α -карбоновому атомі;
4. Окиснення та відновлення.

I. Кислотні властивості

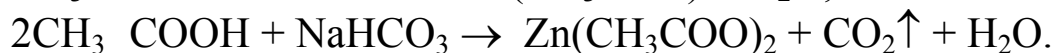
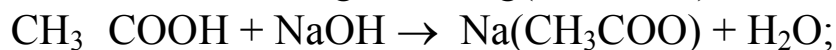
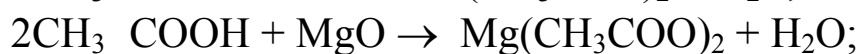
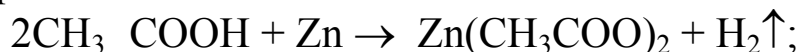
Кислотні властивості карбонових кислот зумовлені здатністю відщеплювати атом Гідрогену карбоксильної групи. У водних розчинах карбонові кислоти дисоціюють за схемою:



Карбонові кислоти змінюють колір кислотно-основних індикаторів.

Утворення солей

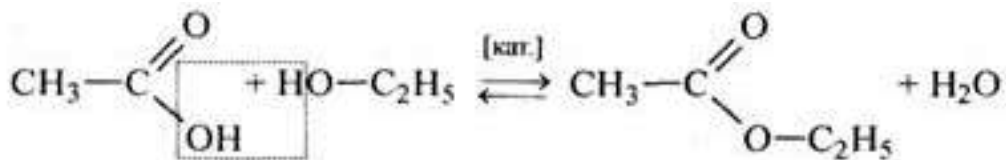
Карбонові кислоти при взаємодії з активними металами, основними оксидами, гідроксидами та карбонатами лужних металів утворюють солі:



II. Реакції заміщення гідроксильної групи

2.1. Взаємодія зі спиртами (реакція естерифікації)

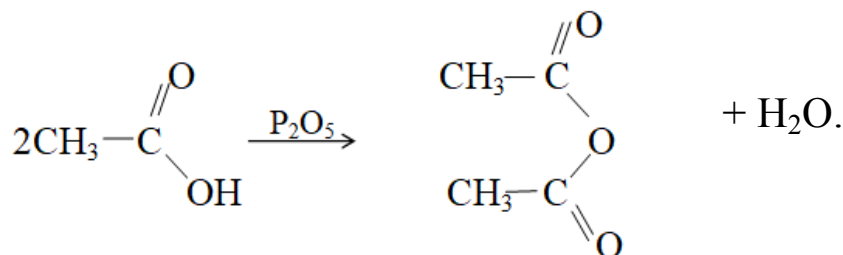
Карбонові кислоти при нагріванні у присутності $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$ реагують зі спиртами, утворюючи складні ефіри – естери. Ця реакція дістала назву реакції естерифікації:



Реакція естерифікації є оборотною. Естер, що утворюється, у кислому середовищі піддається гідролізу до вихідних кислоти та спирту. Для зміщення рівноваги в бік утворення естеру або використовують надлишок одного з реагентів (звичайно спирту), або видаляють з реакційного середовища воду за допомогою $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$.

2.2. Утворення ангідридів кислот

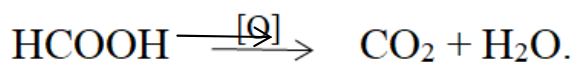
У присутності водовіднімаючих засобів, з яких частіше застосовують P_2O_5 , карбонові кислоти при нагріванні піддаються міжмолекулярній дегідратації з утворенням ангідридів:



ацетатний ангідрид

4. Окиснення та відновлення

Монокарбонові кислоти, за виключенням мурашиної, досить стійкі до дії окисників. Мурашина кислота легко окиснюється KMnO_4 та іншими окисниками з утворенням карбонатної кислоти, яка розкладається на CO_2 та H_2O :



При відновленні монокарбонові кислоти утворюють залежно від умов альдегіди або первинні спирти.

2. Практична частина

Дослід 1. Кислотні властивості ацетатної кислоти

В пробірку налити 2-3 мл розчину ацетатної кислоти і додати індикатор метилоранж. Далі краплями додавати розчин лугу (NaOH) і спостерігати поступовий перехід забарвлення індикатора в кислому,

нейтральному і лужному середовищах. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки.

Дослід 2. Одержання ферум (III) ацетату та його гідроліз

<https://www.youtube.com/watch?v=rMvhYSB5XU4>

В пробірку помістити 2-5 мл 10 %-го розчину натрій ацетату. Потім краплями додати 1%-й розчин ферум (III) хлориду. Спочатку утворюється бурий розчин ферум (III) ацетату, який зразу гідролізується з утворенням драглистого бурого осаду ферум дигідроксиацетату. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки.

Дослід 3. Одержання етилового естеру ацетатної кислоти

https://www.youtube.com/watch?v=VISPMZ7_4V4

До 2-3 мл концентрованої ацетатної кислоти додати 2-3 мл етилового спирту $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ і прилити декілька крапель концентрованої сульфатної кислоти. Перемішати і підігріти суміш. Спостерігати утворення естеру та ідентифікувати його за запахом. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки.

Дослід 4. Одержання метанової (форміатної) кислоти з хлороформу

В пробірку налити 1-2 мл хлороформу і додати 2-3 мл 10%-го розчину лугу, ретельно збовтати і нагріти. Утворюється метанова (форміатна) кислота. Вона взаємодіє з лугом з утворенням натрій форміату. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки. Як можна перевірити наявність мурашиної кислоти або її солей?

Дослід 5. Одержання вищих жирних кислот з їх солей

В пробірку внести 2-4 мл 1 %-го водного розчину мила і краплями додати 10 %-й водний розчин сульфатної кислоти. Натрієві солі ВЖК руйнуються і верхні шари суміші пробірки заповнюються пластівцями ВЖК. Через деякий час пластівці тверднуть і перетворюються на суцільний шар. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурні формули ізомерів масляної кислоти. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.

2. Написати реакцію естерифікації пропанової кислоти та метанолу. Назвати отриманий продукт.

3. Записати реакції перетворень: вуглець → кальцій карбід → ацетилен → ацетальдегід → ацетатна кислота.

Варіант 2

1. Написати структурні формули ізомерів пентанової кислоти. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.

2. Записати реакції, що характеризують кислотні властивості карбонових кислот.

3. Записати реакції перетворень: метанол → метаналь → мурашина кислота → метилформиат

Варіант 3

1. Написати структурні формули ізомерів акрилової і кротонової кислот. Назвати їх за номенклатурою IUPAC.

2. Написати реакції одержання мурашиної кислоти в лабораторії. Як перевірити її наявність в реакційній суміші?

3. У чотирьох пробірках містяться мурашина кислота, пропіонова кислота, метанол і ацетатний альдегід. Записати реакції, за допомогою яких можна визначити вміст кожної пробірки.

Варіант 4

1. Написати структурні формули бурштинової і глутарової кислот. Записати реакції утворення їх циклічних ангідридів.

2. Записати реакцію утворення 2-хлорпропанової кислоти і пояснити її механізм.

3. Записати реакції естерифікації: між мурашиною кислотою і пропанолом; між ацетатною кислотою і етанолом. Назвати продукти реакції.

Варіант 5

1. Написати структурні формули ізомерів бутендіової кислоти. Назвати їх за тривіальною номенклатурою.

2. Записати реакції гідрування та гідратації малеїнової кислоти. Назвати продукти реакцій за тривіальною номенклатурою.

3. Записати реакції добування бензойної кислоти з ацетилену.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11 (3.4) ВЛАСТИВОСТІ ОКСИКИСЛОТ

Мета роботи: ознайомитися з властивостями гетерофункціональних сполук карбонових кислот. Вивчити деякі фізичні та хімічні властивості гетерофункціональних сполук карбонових кислот

1. Теоретична частина

До поліфункціональних сполук карбонових кислот відносяться оксикислоти, оксокислоти (альдегідо- і кетокислоти) та деякі інші органічні сполуки.

Оксикислоти (гідроксикислоти, спиртокислоти) органічні сполуки, що містять одночасно карбоксильну та гідроксильну групи. Кількість карбоксильних груп визначає основність кислот. Відомі одноосновні, двоосновні, трьохосновні оксикислоти. Загальна кількість гідроксильних груп, що входять до складу оксикислот, включаючи гідроксили карбоксильних груп, визначає їх атомність. За характером радикала оксикислоти діляться на насичені, ненасичені; аліциклічні, циклічні або ароматичні кислоти.

Ізомерія і номенклатура

В оксикислотах зустрічаються: ізомерія ланцюга радикала, пов'язаного з карбоксилем; ізомерія взаємного положення карбоксилу та гідроксилу (α , β , γ і т.д.), якщо є асиметричний атом Карбону, то в них має місце оптична ізомерія.

Багато з оксикислот мають тривіальну назву. За систематичною номенклатурою назви оксикислот утворюються додавання префікса окси-. В таблиці наведені деякі важливі оксикислоти та їх назви.

Присутність в оксикислотах гідроксильної і карбоксильної груп дозволяє одержувати ці сполуки як із спиртів, так і з кислот.

В природі оксикарбонові кислоти утворюються ферментативним окисненням насичених кислот.

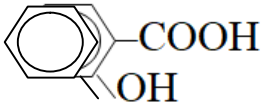
Оксикислоти – густі, сироповидні рідини або тверді кристалічні речовини. Нижчі оксикислоти змішуються з водою у всіх співвідношеннях, а у вищих по мірі збільшення молекулярної маси розчинність зменшується. Взагалі оксикислоти краще розчиняються, ніж відповідні їм карбонові кислоти.

Гідроксикислоти більш сильні кислоти ніж відповідні карбонові, що пояснюється взаємним впливом карбоксильних та гідроксигруп.

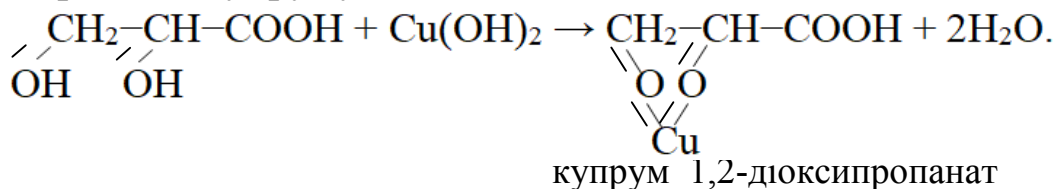
Для них характерні всі реакції кислот та спиртів.

Таблиця деяких важливих оксикислот

Формула кислоти	Назва тривіальна	Назва за систематичною номенклатурою	Назви солей
$\text{OH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	гліколева	оксиетанова	гліколяти
$\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$	молочна	α -оксипропанова, 2-гідроксипропанова	лактати

$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\substack{\text{OH} \\ \text{OH}}}{\text{CH}}-\text{COOH}$	яблучна	2-гідроксибутан-1,4-диова	малати
$\text{HOOC}-\underset{\substack{\text{OH} \\ \text{OH}}}{\text{CH}}-\underset{\substack{\text{OH} \\ \text{OH}}}{\text{CH}}-\text{COOH}$	виноградна	2,3-дигідроксибутан -1,2-диова	тартрати
$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\substack{\text{COOH} \\ \text{OH}}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	лимонна	3-гідрокси-3-карбоксі-пентадиова	цитрати
	саліцилова	2-гідроксибензойна	саліцилати

Гідроксикислоти дають якісні реакції на багатоатомні спирти, наприклад, с купрум (II) гідроксидом з утворенням забарвлених у синій колір солей купруму:



При нагріванні гідроксикислоти утворюють циклічні естери – лактиди.

Окремі представники

Гліколева кислота. Міститься у цукровій тростині.

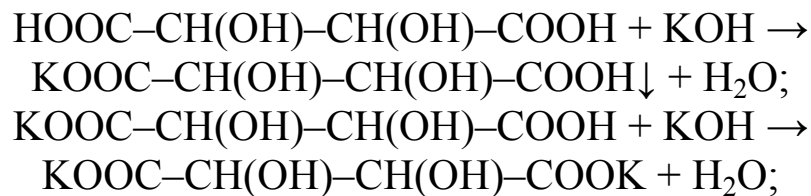
Її солі та естери називають гліколятами і застосовують при фарбуванні вовни, дубленні шкір, для протравлювання літографічних пластин.

Молочна кислота. Існує в природі у вигляді двох оптичних антиподів і рацемату та утворюється при молочнокислому бродінні. М'ясомолочна кислота є правообертаючою (+), міститься в м'язовому соці і є продуктом розщеплення глікогену. Під час фізичної праці вміст молочної кислоти в м'язах значно зростає (під час відпочинку вона знову перетворюється на глікоген). Лівообертаюча кислота (-) утворюється при бродінні цукрів, цукристих сполук (при квашенні капусти, дозріванні сиру та ін.) під дією специфічних бактерій. Взагалі, при різних мікробіологічних процесах утворюється рацемічна суміш молочної кислоти.

Солі та естери молочної кислоти називають лактатами. Лактати кальцію та феруму (II) застосовують при дефіциті кальцію та хронічних анеміях.

Яблучна кислота. У природі знаходиться в вигляді (–)-яблучної кислоти (у нестиглих яблуках, ягодах горобини, журавлини, малини, барбарису та ін.). Застосовується вона при виробництві вина, фруктових вод, кондитерських виробів, а також у синтезі лікарських препаратів. Її солі називають малатами.

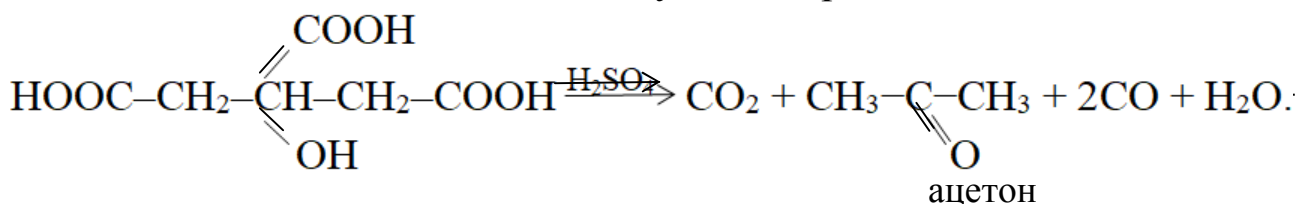
Винні кислоти. У природі існує лише (+)-винна кислота, яка називається виннокам'яною. Еквімолярна суміш *D*(–)- і *L*(+)-ізомерів (рацемат) називається виноградною кислотою. Ця кислота утворює кислі (гідротартрати) і середні (тартрати) солі. Калій гідро-*L*(+)-тартрат $\text{KOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$ виділяється у вигляді осаду під час зберігання вина (винний камінь), середні солі добре розчинні у воді:



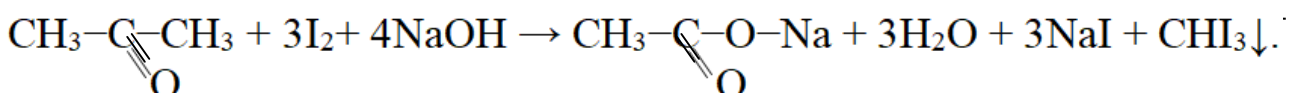
Винну кислоту застосовують при консервуванні харчових продуктів, фарбуванні, приготуванні штучних дріжджів, у виробництві дзеркал.

Лимонна кислота. Міститься в ягодах, плодах, хвої, стеблах махорки, а також у молоці та крові. Це один із найважливіших продуктів обміну речовин, який бере участь у циклі Кребса. Її солі та естери називають цитратами. Тринатрієву сіль лимонної кислоти застосовують у медицині як консервант донорської крові.

Розклад лимонної кислоти відбувається реакцією:



При додаванні лужного розчину йоду утворюється йодоформ CHI_3 – осад жовтого кольору:



Кальцій цитрат оптимальна лікарська форма для забезпечення кальцієм людини, так як він сприяє підвищенню мінеральної щільності кісток, збільшення кісткової маси, зміцненню дентину і емалі зубів. Кальцій цитрат відноситься до невеликої кількості речовин, розчинність яких знижується при нагріванні.

У гарячому розчині випадає білий осад кальцій цитрату, який розчиняється при охолодженні.

До ненасичених гідроксикислот належить рицинолова кислота $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, гліцерид якої становить основу рицинової олії. Застосовують для одержання інших оксикислот, ПАР, емульгаторів тощо.

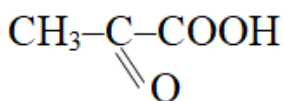
Серед ароматичних гідроксикислот велике практичне значення має саліцилова кислота Її застосовують у виробництві лікарських препаратів – ацетилсаліцилової кислоти, саліциламіду, метилсаліцилату, фенілсаліцилату, оксафенаміду та ін., як індикатор в аналітичній хімії, антисептик у харчовій промисловості.

Галова кислота $3,4,5\text{-(OH)}_3\text{C}_6\text{H}_2\text{COOH}$, міститься у вигляді естерів у танінах дубової кори, у листі чаю, плодах гранату та ін. Галову кислоту застосовують у синтезі барвників, для одержання пірогалолу, а також як аналітичний реагент.

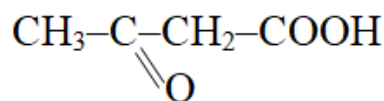
Альдегідо- та кетокислоти (оксокислоти)

Альдегідо- та кетокислоти – сполуки, до складу молекул яких поряд з карбоксильною групою входить альдегідна або кетонна група. В залежності від взаємного розташування карбоксильної і альдегідної чи кетонної груп розрізняють α -, β -, γ - і т.д. оксокислоти.

Для альдегідо- і кетокислот часто використовують емпіричні назви, напри



піровиноградна кислота



ацетоацетатна кислота

Оксокислоти – рідини, в основному, сиропоподібні, добре розчинні у воді.

Альдегідо- і кетокислоти мають властивості кислот, альдегідів та кетонів. Вони утворюють солі, естери, аміди, та ін. Альдегідокислоти при відновленні переходять в оксикислоти, а при окисненні – в двохосновні карбонові кислоти.

Прикладом оксокислот є піровиноградна кислота – рідина, добре розчинна у воді, із запахом ацетатної кислоти. Вона широко розповсюджена в природі. Піровиноградна кислота відіграє важливу роль в процесі обміну речовин (при розкладі та біосинтезі амінокислот білків). Пірувати (солі піровиноградної кислоти) – важливі хімічні сполуки в біохімії. Вони представляють собою кінцевий продукт метаболізму глюкози в процесі гліколізу. Одна молекула глюкози перетворюється в дві молекули піровиноградної

кислоти. Може бути також отримана піролізом винної кислоти (звідси її назва) або окисненням молочної кислоти.

2. Практична частина

Дослід 1. Утворення кислої і середньої калієвих солей з тартратної кислоти

В пробірку внести 2 мл 10 %-го розчину тартратної кислоти і додати 4-5 крапель 10 %-го розчину калій гідроксиду. Випадає кристалічний осад. При подальшому додаванні лугу сіль розчиняється з утворенням середньої солі тартратної кислоти, яка добре розчинна у воді. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки.

Дослід 2. Реакції гідроксильних груп тартратної кислоти

В пробірку внести 5-6 крапель 10 %-го розчину тартратної кислоти або її натрієвої солі, додати 5-10 крапель 10 %-го розчину гідроксиду натрію і 1-2 краплі 5 %-го розчину купрум (II) сульфату. Записати рівняння реакцій, спостереження і висновки.

Дослід 3. Властивості лимонної кислоти

а) добування кальцій цитрату

У пробірку внести 1 мл 5 %-ного розчину лимонної кислоти і краплями додати 10 %-ний розчин аміаку до нейтральної реакції. (перевіряти індикаторним папером).

До одержаного нейтрального розчину додати 1 мл 5 %-ного розчину кальцій хлориду і реакційну суміш обережно нагріти до кипіння потім – охолодити. Записати спостереження та рівняння реакцій.

б) розклад лимонної кислоти при нагріванні з H_2SO_4 конц

У суху пробірку внести ~1 г кристалічної лимонної кислоти і 2 мл конц. сульфатної кислоти, додати скляні капіляри для контролювання процесу кипіння. Пробірку закрити газовідвідною трубкою обережно нагріти. Досліджують утворені продукти розкладу. Для цього кінець трубки спочатку підпалити, далі кінець трубки опустити у вапняну воду, а потім у лужний розчин йоду.

Записати спостереження та рівняння реакцій.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурні формули піровиноградної та лимонної кислот. До якого класу гетерофункціональних сполук вони відносяться?

2. Описати хімічні властивості молочної кислоти. Ілюструвати їх рівняннями процесів.

3. Записати формули оптичних ізомерів яблучної кислоти.

Варіант 2

1. Написати структурні формули гліколевої та саліцилової кислот. До якого класу гетерофункціональних сполук вони відносяться?

2. Записати реакції, що характеризують кислотні властивості яблучної кислоти.

3. Пояснити явище оптичної ізомерії на прикладі молочної кислоти.

Варіант 3

1. Написати структурні формули лимонної і піровиноградної кислот і пояснити їх принципову різницю.

2. Написати реакцію утворення кальцій лактату.

3. Пояснити форми існування в природі винної кислоти.

Варіант 4

1. Написати структурні формули галової та піровиноградної кислот. До якого класу поліфункціональних сполук вони відносяться?

2. Записати якісну реакцію на дигідроксикарбонові кислоти на прикладі тартратної кислоти.

3. Записати реакції, що характеризують хімічні властивості молочної кислоти. Назвати продукти реакції.

Варіант 5

1. Написати структурні формули м'ясомолочної та лимонної кислот. До якого класу поліфункціональних сполук вони відносяться?

2. Записати реакції утворення кислих і середніх калієвих солей тартратної кислоти. Як вони різняться за розчинністю у воді?

3. Пояснити особливості існування в природі оптичних ізомерів яблучної кислоти. Записати рівняння, що характеризують її хімічні властивості.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12 (3.5) ПОХІДНІ КИСЛОТ. ВЛАСТИВОСТІ ЖИРІВ

Мета роботи: ознайомитися з властивостями похідних карбонових кислот та жирів. Вивчити деякі фізичні та хімічні властивості жирів та естерів.

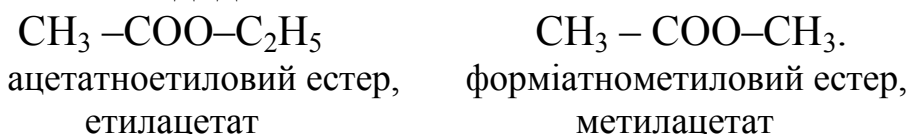
1. Теоретична частина

Естери – це похідні кисневмісних кислот, у яких гідроксигрупи кислоти заміщені залишками спирту з загальною формулою

$$R-COO-R$$
.

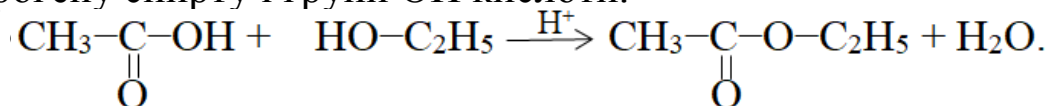
Естери дуже поширені в природі. Багато з них входить до складу ефірних масел і зумовлює приємний запах квітів, плодів і ягід. Естери триатомного спирту гліцерину та вищих жирних кислот є основою жирів.

За раціональною номенклатурою естери називають, виходячи з назв кислоти і спирту. За міжнародною номенклатурою до назви карбонової кислоти додають закінчення «ат» замість «-ова»:



Для естерів характерна ізомерія кислотних та вуглеводневих радикалів, а також міжкласова – з карбоновими кислотами. Так, ізомером етилацетату $CH_3COOC_2H_5$ є бутанова кислота C_3H_7COOH .

Основний спосіб синтезу – взаємодія спиртів з кислотами (реакція естерифікації). За допомогою мічених атомів (важкого ізотопу ^{18}O) було встановлено, що вода утворюється за рахунок атома Гідрогену спирту і групи OH кислоти.

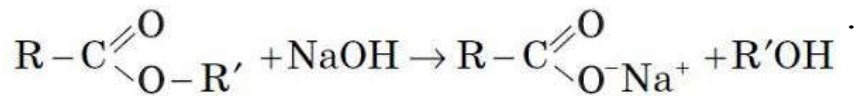


Естери – це леткі, легші за воду рідини. Більшість мають приємний запах фруктів, етилформіат $H-COO-C_2H_5$ має запах рому, $H-COO-C_5H_{11}$ пентилформіат – запах вишні, ізоамілформіат – груш. Застосовують їх для добування ліків, в харчовій і парфумерній промисловості.

Температура кипіння і плавлення естерів нижчі, ніж у вихідних карбонових кислот. Нижчі естери розчинні у воді, вищі добре розчинні у спирті і етерах, нижчих естерах.

Молекули естерів складаються з двох структурних елементів – радикалів кислоти та спирту (чи фенолу).

Найважливішою хімічною властивістю естерів є їх взаємодія з водою – *гідроліз або омилення*. Гідроліз естерів – процес, протилежний реакції етерифікації. Щоб змістити рівновагу в бік утворення естеру, треба відігнати естер, що утворюється, або видалити воду. Луг необоротно зміщує рівновагу в бік гідролізу, оскільки зв'язує кислоту, утворюючи сіль:



Жири

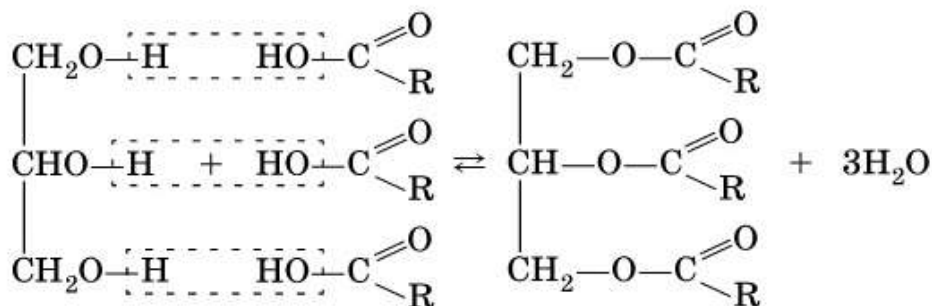
Жирами називаються естери трьохатомного спирту гліцерину та деяких вищих аліфатичних кислот наразгалуженої будови. Загальні назви таких сполук тригліцериди. Природні жири є сумішшю різних тригліцеридів. В таблиці вказані найбільш розпоширені вищі аліфатичні кислоти, що зустрічаються в жирах.

До складу жирів можуть входити залишки однакових або різних кислот – насичених і ненасичених.

Таблиця 1. Карбонові кислоти з природних жирів

Назва кислоти	Формула кислоти	Примітка
пальмітинова	$C_{17}H_{35}COOH$	насичена (алканова)
стеаринова	$C_{15}H_{31}COOH$	насичена
капронова	$C_5H_{11}COOH$	насичена
масляна	C_3H_7COOH	насичена
олеїнова	$C_{17}H_{33}COOH$	Один кратний зв'язок
лінолева	$C_{17}H_{31}COOH$	Два кратних зв'язки
ліноленова	$C_{17}H_{29}COOH$	Три кратних зв'язки

Утворення тригліцериду можна записати так:



Жири класифікують за походженням (рослинні і тваринні), за агрегатним станом (рідкі та тверді), за хімічним складом (ті, які містять залишки ненасичених карбонових кислот, і ті, що містять залишки насичених карбонових кислот).

Жири бувають тверді та рідкі. Тверді утворні алкановими кислотами, рідкі – алкеновими. Як правило, рослинні жири рідкі й містять ненасичену олеїнову кислоту, наприклад, соняшникова, оливкова, лляна, кунжутна олії.

Тваринні жири тверді, містять насичені карбонові кислоти стеаринову і пальмітинову. Наприклад, свинячий і яловичий жир, коров'яче масло.

З цієї закономірності є винятки: рідкий риб'ячий жир тваринного походження, а тверді пальмове і кокосове масла рослинного походження.

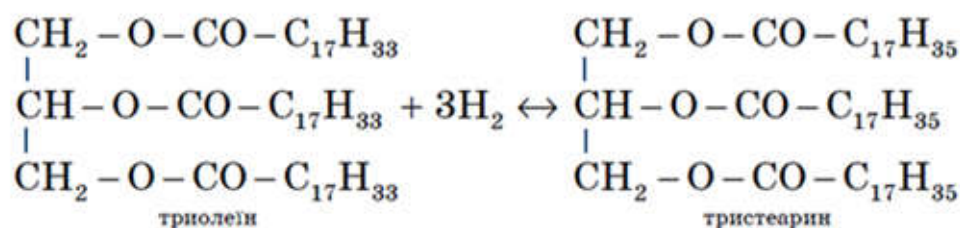
Жири, як правило, легші за воду, не розчиняються в ній, але утворюють емульсії, добре розчиняються в органічних розчинниках (ефірі, бензолі, рідких вуглеводнях тощо). Самі жири органічні розчинники, що має велике значення для депонування в живих організмах жиророзчинних вітамінів.

Жири утримують і легко поглинають пахучі речовини. Ця властивість використовується для добування пахучих речовин з квітів. Температура плавлення жирів чітко не визначена, оскільки вони не мають постійного складу. Теплопровідність жирів низька.

Хімічні властивості жирів

1. Реакція гідрогенізації (приєднання водню)

Від рідких жирів можна перейти до твердих. Для цього потрібно перевести залишки ненасичених карбонових кислот у складі жиру в залишки насичених карбонових кислот, тобто приєднати до подвійного зв'язку атоми Гідрогену. Цей процес називається гідрогенізацією жирів. Наприклад, рівняння реакції перетворення рідкого жиру триолеата на твердий тристеарат:

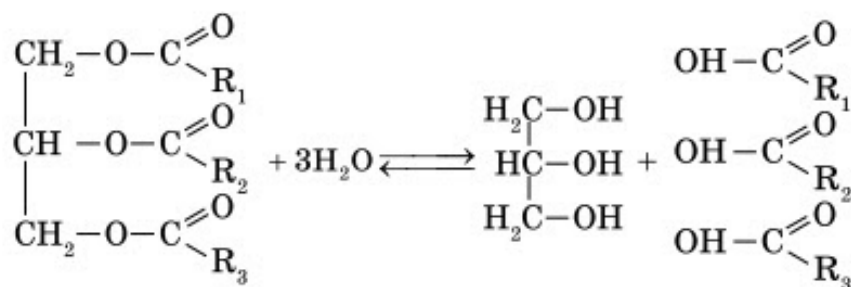


Продукт гідрогенізації – твердий жир (штучне сало), називається саломас, йде на виробництво мила, стеарину і гліцерину. Маргарин

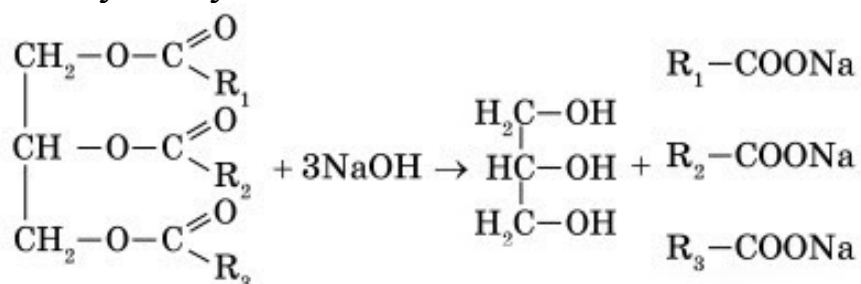
харчовий жир, який складається із суміші гідрогенізованих тваринних жирів, рідких олій (соняшникової, бавовняної тощо), молока, емульгаторів, стабілізаторів, харчових добавок і т. п.

2. Реакція гідролізу

Як і всі естери, жири гідролізуються, розпадаючись на гліцерин і вищі карбонові кислоти.



Якщо гідроліз відбувається в присутності лугу, вищі карбонові кислоти, які утворилися в результаті гідролізу жирів, реагують з лугом, утворюючи солі, які називаються милами. Саме тому лужний гідроліз має іншу назву — омилення.



Натрієві мила є твердими продуктами, калієві мила — рідини, які входять до складу шампунів і рідких миючих засобів. Звичайні мила складаються, головним чином, із солей пальмітинової, стеаринової і олеїнової кислот.

3. Окиснення

Природні жири під час зберігання на повітрі псуються під дією ферментів частково розкладаються на вільні карбонові кислоти, а ненасичені жирні кислоти окиснюються. В основі окиснення ненасичених жирів лежить розрив подвійних зв'язків між атомами Карбону в радикалі та приєднання груп —ОН з утворенням вищих гідроксикислот.

Жири виділяють з рослинних і тваринних організмів. Ці сполуки як одна з головних складових частин раціону харчування людини та тварини необхідні для забезпечення нормальної життєдіяльності. В організмі під дією ферментів вони гідролізуються, потім з продуктів гідролізу синтезуються нові жири, характерні для даного організму.

Жири є не лише джерелом енергії, вони входять також до складу клітинних мембран, є основою синтезу простагландинів речовин, які беруть участь чи не в усіх біологічних процесах. Якщо в їжі недостатньо жирів, порушується діяльність центральної нервової системи, послаблюється імунітет.

Велика кількість жирів використовується для виробництва мила, гліцерину, карбонових кислот, плівкоутворювачів (оліф, лаків), а також у фармацевтичній та косметичній промисловості.

2. Практична частина

Дослід 1. Розчинність жирів у різних розчинниках

<https://www.youtube.com/watch?v=sLHd9znDv8I>

Взяти три пробірки. В першу пробірку налити 2-3 мл води, в другу стільки ж бензину, в третю етилового спирту. В кожну пробірку додати по кілька крапель олії. Всі три пробірки збовтати. Записати спостереження і висновок.

Дослід 2. Емульгування жирів

В 4 пробірки налити по кілька крапель рослинної олії і додати по 2-3 мл дистильованої води. В першу пробірку додати 2-3 краплі розчину білка, в другу 1 %-го розчину натрій гідроксиду, в третю розчину мила, в четверту залишити як контроль. Вміст усіх пробірок збовтати і спостерігати за стійкістю емульсій. Записати спостереження і висновок.

Дослід 3. Взаємодія ненасичених жирів з бромною водою

<https://www.youtube.com/watch?v=pbFzpPCfpYk>

В пробірку налити 2-3 мл рослинної олії і додати 2-3 краплі 1 %-го водного розчину броду. Суміш збовтати. Суміш знебарвлюється. Записати схему реакції, спостереження та висновки.

Дослід 4. Одержання рідкого мила

В пробірку внести 0,5-1 мл рослинної олії і додати 1-2 мл 10 %-го спиртового розчину калій гідроксиду. Нагріти суміш до утворення прозорого розчину. Пробірку охолодити і додати 2-4 мл дистильованої води. Струсити пробірку. Виникає мильна піна, що доказує наявність мила. Записати рівняння реакції, спостереження і висновки.

Дослід 5. Одержання нерозчинних кальцієвих мил

<https://www.youtube.com/watch?v=ql0RRyOXhoc>

В пробірку налити 3-4 мл 10%-го розчину господарського мила, додати 1 мл розчину кальцій хлориду. Вміст пробірки збовтати. Записати рівняння реакції, спостереження і висновки.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурну формулу тригліцериду **стеародіолеїну** і реакцію його кислотного гідролізу. Назвати продукти, які при цьому утворюються.

2. Написати реакцію утворення рідкого мила з триолеїну. Назвати отриманий продукт.

3. Записати реакцію утворення твердого жиру з пальмітодіолеїну.

Варіант 2

1. Написати структурну формулу тригліцериду дипальмітоолеїну і реакцію його гідролізу. Назвати продукти гідролізу

2. Записати реакцію утворення маргарину з стеародіолеїнглицериду.

3. Записати реакції, що доказують ненасичений характер триолеїну.

Варіант 3

1. Написати структурну формулу жиру, в молекулі якого знаходяться два залишки лінолевої кислоти і один залишок пальмітинової кислоти. Записати реакцію гідрогенізації цього жиру. Назвати продукти, які при цьому утворюються.

2. Написати реакцію утворення нерозчинних мил з трипальмітату.

3. Записати реакцію окиснення пальмітодіолеїну.

Варіант 4

1. Написати структурну формулу жиру, в молекулі якого знаходяться два залишки олеїнової кислоти і один залишок ліноленової кислоти. Записати реакцію гідрогенізації цього жиру. Назвати продукти, які при цьому утворюються.

2. Записати якісну реакцію ненасичених жирів на прикладі триліноляту.

3. Записати реакції, що характеризують хімічні властивості олій.

Варіант 5

1. Написати структурну формулу жиру, в молекулі якого знаходяться два залишки олеїнової кислоти і один залишок

пальмітинової кислоти. Записати реакцію гідрогенізації цього жиру. Назвати продукти, які при цьому утворюються.

2. Записати реакції утворення калієвих солей триолеїну. Як вони розчиняються у воді?

3. Пояснити особливості існування в природі рідких і твердих жирів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13 (3.6) ВЛАСТИВОСТІ АМІНІВ І АМІДІВ

Мета роботи: засвоєння та поглиблення теоретичних знань та оволодіння практичними навичками при вивченні фізико-хімічних властивостей амінів і амідів.

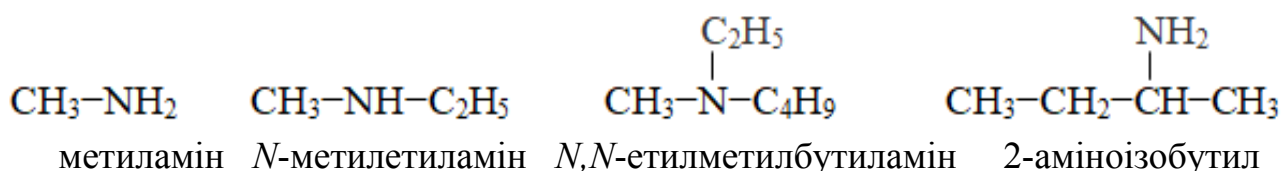
1. Теоретична частина

Амінами називаються продукти заміщення одного, двох або трьох атомів Гідрогену в аміаку NH_3 вуглеводневими радикалами.

Залежно від числа атомів водню в аміаку, заміщених радикалами, розрізняють такі аміни: первинні із загальною формулою R-NH_2 , вторинні – R_2NH та третинні R_3N .

За природою вуглеводневого радикалу аміни поділяють на насичені, ненасичені, ароматичні.

Назви первинних амінів складаються з назви вуглеводню із закінченням *-амін*. Цифрою вказують положення аміногрупи. Використовуються також назви амінів як похідних вуглеводнів із замісником аміногрупою $-\text{NH}_2$. Назви вторинних і третинних амінів утворюють від назви найбільшого вуглеводневого радикалу, перед яким ставлять назви інших радикалів з літерою N:



Симетричні (з однаковими радикалами) вторинні та третинні аміни називають також, додаючи до назви радикалу префікси ди- або три-: $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ – дифеніламін, $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ – триметиламін.

Ізомерія амінів зумовлена ізомерією карбонового ланцюга, положенням аміногрупи в ньому.

Метиламін, диметиламін, триметиламін – гази, добре розчинні у воді, мають запах аміаку. Середні члени гомологічного ряду – рідини, вищі – тверді речовини з запахом риби, нерозчинні у воді.

Аміни – полярні сполуки і, за винятком третинних, утворюють міжмолекулярні водневі зв'язки між собою і з водою.

Взаємодія з водою

Внаслідок наявності неподільної електронної пари у атома Нітрогену аміни, як і аміак, здатні приєднувати протон, тобто мають основні властивості. Аліфатичні аміни є сильнішими основами, ніж аміак, ароматичні – слабкішими внаслідок різних електронних ефектів радикалів.

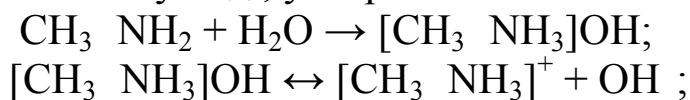
В ароматичних амінах із збільшенням числа вуглеводневих радикалів основність слабшає, а в аліфатичних – посилюється.

За посиленням основних властивостей аміак, первинні, вторинні, третинні аліфатичні та ароматичні аміни можна розташувати у такій послідовності:



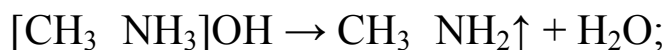
Аміногрупа, в свою чергу, впливає на властивості радикалу. В ароматичних амінах рухливість атомів Гідрогену бензольного ядра зростає порівняно з бензолом, тому анілін $C_6H_5NH_2$, легше вступає в реакції заміщення, ніж бензол.

Аміни розчиняються у воді, утворюючи йон алкіламонію:

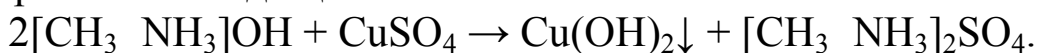


Внаслідок цього водні розчини амінів мають лужну реакцію. Вони змінюють колір індикаторів: фенолфталеїну – на малиновий, лакмусу – на синій.

При нагріванні або при додаванні лугів аміни виділяються з розчинів, як і аміак:

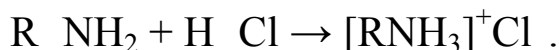


При взаємодії солей нерозчинних основ з розчинами амінів утворюються осади цих основ:



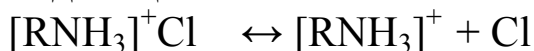
Взаємодія з кислотами

Аміни, як і аміак, реагують з мінеральними кислотами, утворюючи солі:

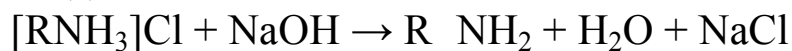


Ця реакція може відбуватися в газоподібному стані, в розчинах і з твердими амінами.

Алкиламонієві солі, як і солі амонію, – тверді речовини йонної будови, що не мають запаху і добре розчиняються у воді. У водних розчинах вони повністю дисоціюють:

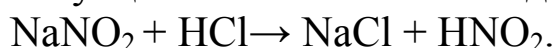


Під дією лугів (особливо під час нагрівання) ці сполуки розкладаються з виділенням вільних амінів:

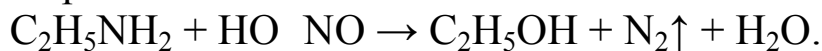


Взаємодія з нітритною (HNO₂) кислотою

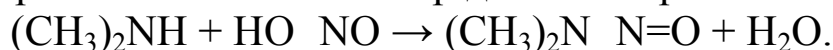
Нітритну кислоту отримують під час взаємодії її солей з сильними кислотами, тому що вона нестійка і швидко розкладається:



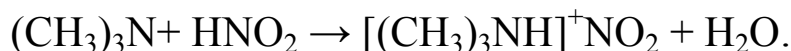
При дії нітритної кислоти на первинні аліфатичні аміни (крім метиламіну) виділяється азот (спостерігається утворення бульбашок) і утворюється спирт:



Вторинні аміни при дії нітритної кислоти виділяють воду, утворюючи нітрозаміни – маслянисті рідини з неприємним запахом:



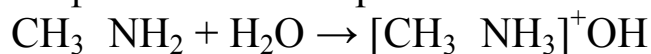
Третинні аміни з нітритною кислотою реагують з утворенням солей:



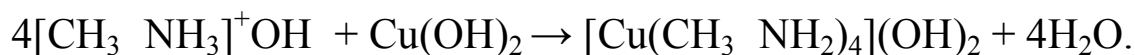
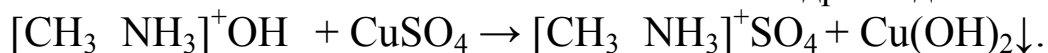
Візуального ефекту тут немає.

Ці реакції дають змогу якісно визначити різні типи амінів.

Існує ще декілька реакцій якісного визначення аміногрупи. Так, при додаванні до аміну розчину CuSO₄ спостерігається утворення осаду купрум (II) гідроксиду, який потім розчиняється, забарвлюючи розчин у інтенсивний фіолетовий колір.



метиламоній гідроксид



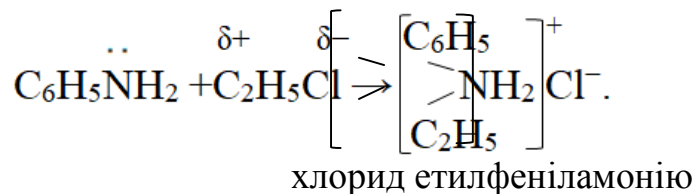
комплексна сполука міді

фіолетового кольору

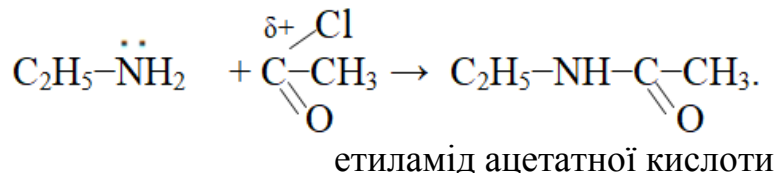
Реакції приєднання

Неподільна електронна пара атома Нітрогену здатна приєднувати електрофільні реагенти. Іноді на стадії приєднання реакції й закінчуються, в інших випадках далі йде відщеплення з утворенням ненасичених сполук.

2а. Приєднання алкілгалогенідів

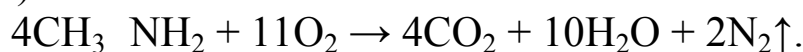


2б. Ацилування



Реакції окиснення

На відміну від аміаку, аміни горять на повітрі (аміак згоряє тільки в чистому кисні):



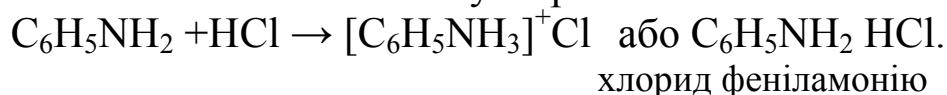
Анілін – представник первинних ароматичних амінів. Молекулярна формула аніліну $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$.

Анілін – безбарвна масляниста дуже отруйна рідина з характерним запахом, малорозчинна у воді, добре розчиняється в органічних розчинниках, важча за воду. На повітрі вона швидко набуває червоно-бурого кольору внаслідок окиснення.

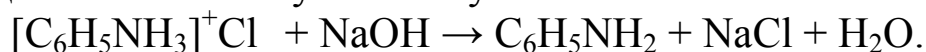
Основні властивості аніліну

Анілін – слабка основа. Він не взаємодіє з водою, його водні розчини не змінюють забарвлення індикаторів.

З сильними кислотами анілін утворює солі:

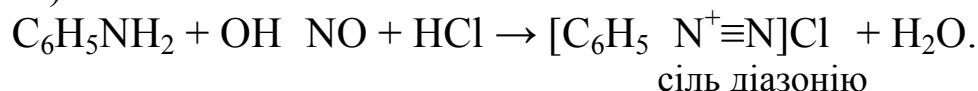


Хлорид феніламонію добре розчиняється у воді. Внаслідок дії на нього лугу виділяється анілін у вільному стані:



Взаємодія з нітритною кислотою

Анілін та інші ароматичні первинні аміни при дії цієї кислоти в кислих розчинах на холоді утворює солі діазонію (реакція діазотування):

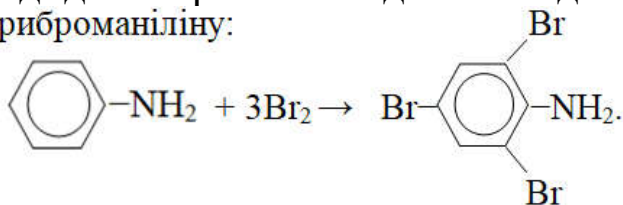


Діазосполуки солеподібні і доволі реакційно здатні речовини, які широко застосовуються в хімії барвників.

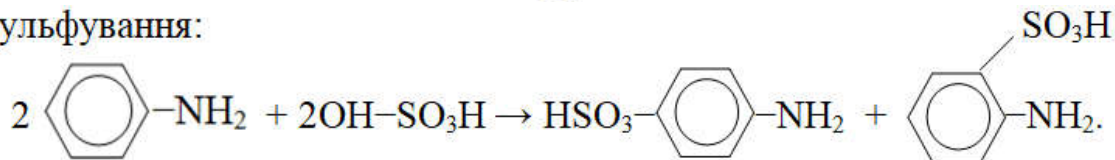
Реакції бензольного ядра

Атоми водню бензольного ядра аніліну легко заміщуються на галогени, нітро- та сульфогрупи.

Під дією бромної води на водний розчин аніліну виділяється осад триброманіліну:



Сульфування:



Реакції окиснення

Анілін легко окислюється киснем повітря та іншими окисниками, утворюючи забарвлені продукти рожево-бузкового кольору.

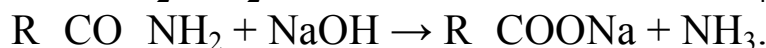
Аміди карбонових кислот функціональні похідні, у молекулах яких гідроксильна група карбоксилу заміщена на аміногрупу. Загальна структурна формула цих сполук наступ

$$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$$

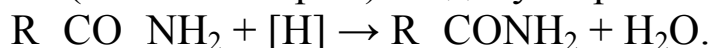
Нижчі аміди є рідинами, вищі – тверді речовини. Нижчі аміди розчинні у воді. В таблиці наведені формули і назви деяких амідів.

Назва	Формула
Форма́мід	$\text{H}-\text{CO}-\text{NH}_2$
Ацета́мід (карба́мід, сечовина)	$\text{NH}_2-\text{CO}-\text{NH}_2$
Акрила́мід	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$

Гідроліз амідів проходить при тривалому кип'ятінні в середовищі кислот або лугів з утворенням кислоти або солей:



При *відновленні* (з каталізатором) амідів утворюються аміни:

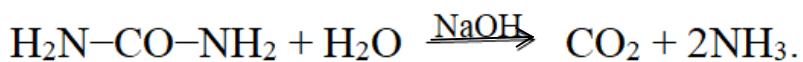


Амідна група – NH-CO відіграє основну роль в утворенні молекул поліпептидів – білків, поліамідних волокон, антибіотиків.

Форма́мід і диметилформа́мід (ДМФО) використовують в якості розчинників, у виробництві синтетичних волокон.

Карба́мід кристалічна речовина, добре розчинна у воді. Сечовина є продуктом обміну речовин в організмах ссавців. При розпаді білків біля 80 % Нітрогену виділяється у вигляді сечовини.

Карбамід гідролізується при нагріванні в кислому та лужному середовищах:



Сечовину використовують в промисловості для виробництва полімерів та лікарських засобів. В сільському господарстві її використовують в якості гербіциду, багатого на Нітроген добрива, як добавку в корм тваринам.

2. Практична частина

Дослід 1. Основність первинних, вторинних і третинних амінів

а) на універсальний індикаторний папір нанести краплі водних розчинів амоніаку, метиламіну, диметиламіну, триметиламіну. Колір порівняти зі шкалою і визначити рН кожного розчину. Зробіть висновки про основність досліджуваних амінів.

Дослід 2. Взаємодія амінів з нітритною кислотою

В три пробірки внести по 6 крапель етиламіну, діетиламіну і триетиламіну, 3 краплі концентрованої хлоридної кислоти, 5 крапель 5%-го розчину натрій нітриту і енергійно струсити. В одній із пробірок спостерігати виділення бульбашок газу, в іншій – виділення маслянистої рідини світло-жовтого кольору та відсутність змін у третій. Написати рівняння реакцій, спостереження та висновки.

Дослід 3. Якісна реакція на аміногрупу

а) в пробірку внести 10 крапель 5%-го розчину купрум (II) сульфату і додати по краплях 25%-ний розчин метиламіну.

Записати рівняння реакцій, спостереження та висновки.

Дослід 4. Розчинність аніліну в воді. Утворення солей аніліну

<https://www.youtube.com/watch?v=unkwj7SX67c>

В пробірку помістити 1 мл аніліну і додати води. Далі до отриманої суміші додати декілька крапель концентрованої кислоти. Записати рівняння реакції, спостереження та висновки.

Дослід 5. Гідроліз сечовини

Декілька кристалів сечовини помістити в пробірку, додати води і декілька крапель розчину лугу. На верхній край пробірки помістити вологий клаптик з універсального індикаторного паперу. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою і нагріти. Кінець газовідвідної трубки занурити у насичений розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Забарвлення вологого лакмусового паперу вказує на виділення

амоніаку, а утворення білого мутного розчину на утворення кальцій карбонату. Записати рівняння реакції, спостереження та висновки.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Написати структурну формулу диетиламіну.

Записати реакцію цієї речовини з нітритною кислотою і назвати продукти, які при цьому утворюються.

2. Написати реакцію хлорування аніліну при надлишку хлору.

3. Як хімічно розділити суміш газів метиламіну, вуглекислого газу і кисню? Записати рівняння реакцій.

Варіант 2

1. Написати структурні формули можливих ізомерів $C_4H_{11}N$. Назвати їх.

2. Записати реакцію утворення хлориду диетиламіну.

3. Записати реакції ланцюга перетворень: нітробензол \rightarrow анілін \rightarrow феніл-амоній бромід.

Варіант 3

1. Написати структурні формули можливих ізомерів $C_5H_{13}N$. Назвати їх.

2. Записати реакції взаємодії етиламіну з ферум (III) хлоридом.

3. Скласти рівняння реакції між аніліном та нітритною кислотою. Як називається такий тип реакції?

Варіант 4

1. Написати структурні формули ізомерів C_3H_9N і назвати їх.

2. Записати реакцію гідролізу карбаміду при нагріванні.

3. Записати приклади реакції електрофільного заміщення для аніліну.

Варіант 5

1. Написати структурну формулу C_3H_7NO і назвати сполуку за систематичною номенклатурою.

2. Розставити в ряд аліфатичні аміни та аміак по силі основних властивостей. Пояснити його.

3. Записати приклад реакції ацилювання для етиламіну. Назвати продукти реакції.

МОДУЛЬ IV. ВЛАСТИВОСТІ БІОГЕННИХ СПОЛУК

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14 (4.1)

ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДІВ. МОНО- і ДИСАХАРИДИ

Мета роботи: засвоєння та поглиблення теоретичних знань та оволодіння практичними навичками при вивченні фізико-хімічних властивостей вуглеводів.

1. Теоретична частина

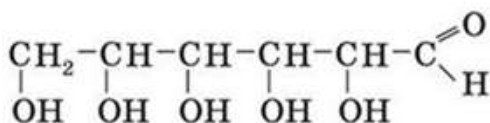
Вуглеводи є полігідроксіальдегідами або полігідроксикетонами. Залежно від складу, структури та властивостей ці сполуки поділяються на три основні класи: моносахариди, олігосахариди і полісахариди. Загальна формула їх $C_m(H_2O)_n$ (m і n – цілі числа).

Моносахариди (монози) містять у молекулі від трьох до дев'яти атомів Карбону. Їх класифікують за наявністю альдегідної чи кетонної групи (альдози та кетози) і за кількістю атомів Карбону (тріози, тетрози, пентози, гексози, декози). До них належать глюкоза, фруктоза, моноза та ін.

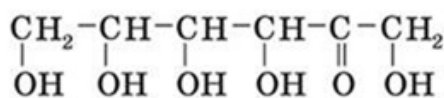
Дисахариди складаються з двох моносахаридів. До них відносяться сахароза, мальтоза, лактоза, целобіоза та ін.

Полісахариди – високополімерні сполуки, які характеризуються високим рівнем полімеризації. До них належать крохмаль, глікоген, целюлоза (клітковина) та ін.

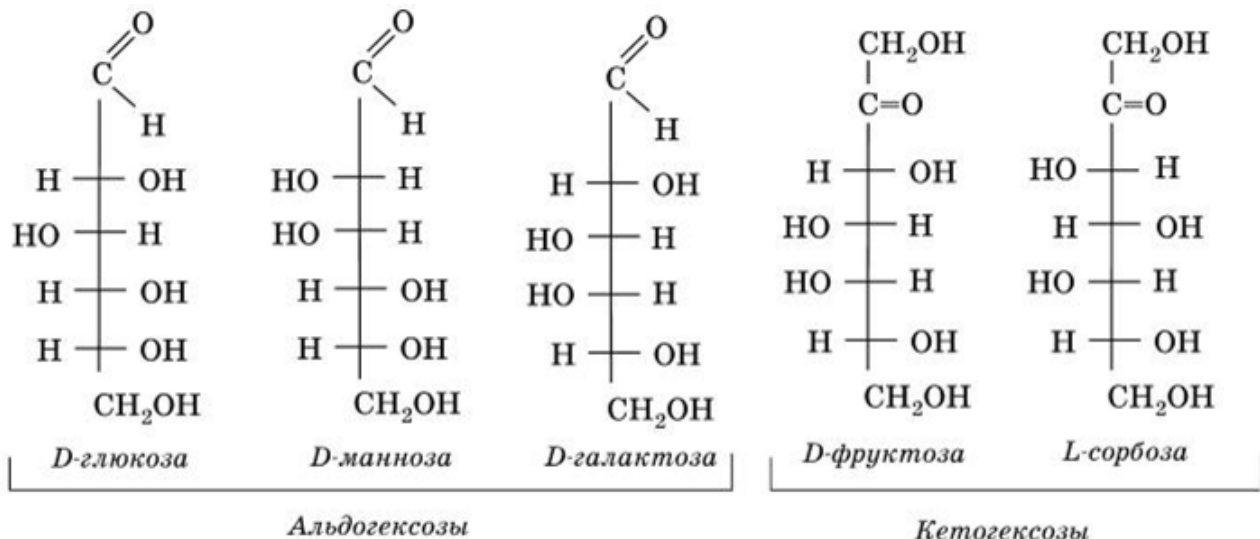
Для моноз характерна ізомерія природи функціональної групи. Так, ізомерами є альдегідоспирти та кетоспирти. Наприклад, глюкоза (альдогексоза) і фруктоза (кетогексоза) є функціональними ізомерами. Моносахариди є сполуками з декількома асиметричними атомами Карбону, тому вони мають оптичні ізомери. Наприклад, у глюкозі чотири асиметричних атома Карбону (2, 3, 4, 5), тому вона має 16 стереоізомерів. Нижче наведені деякі стереоізомери глюкози – маноза, фруктоза, галактоза та ін.



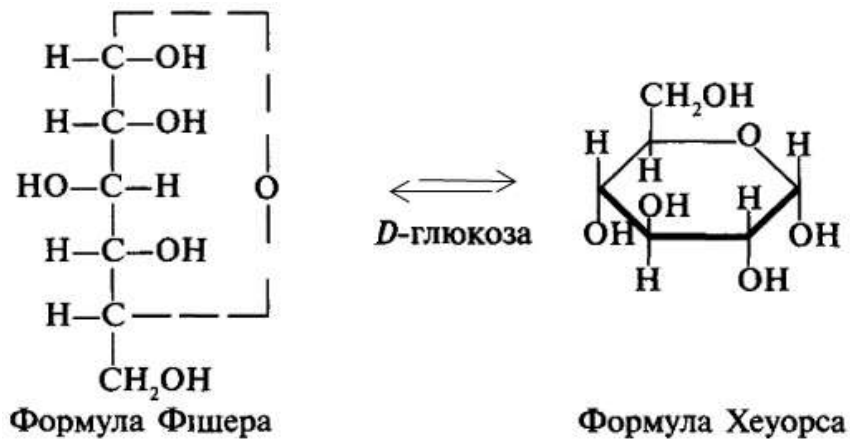
альдогексоза



кетогексоза



Моносахариди існують в лінійній та циклічній формі. Ціклічна форма записується у вигляді формул Фішера або Хеурса:



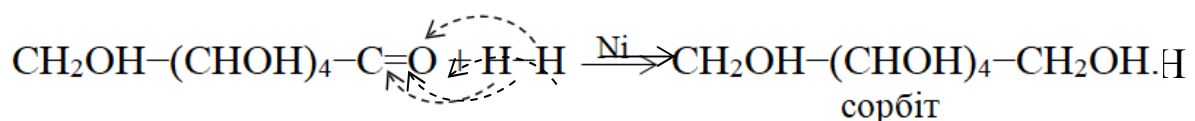
Глюкоза. *D*-(+)-Глюкоза найбільш поширений в природі моносахарид, зустрічається у вільному стані і складає основу найважливіших полісахаридів крохмалю, целюлози та глікогену.

Хімічні властивості глюкози зумовлені наявністю гідроксильних і альдегідної груп. Тому глюкоза вступає в реакції, характерні для спиртів і альдегідів.

Реакції альдегідної групи

1. Відновлення до спиртів

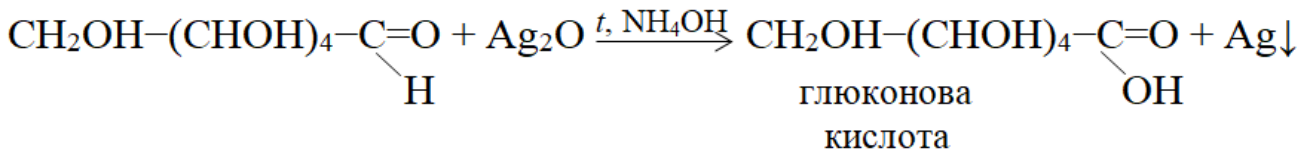
Глюкоза подібно до альдегідів може відновлюватись, перетворюючись на шестиатомний спирт – сорбіт:



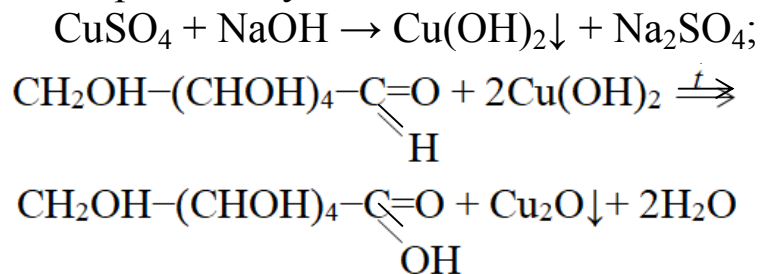
2. Окиснення до кислот

2а. Як альдегід глюкоза легко окиснюється. Вона вступає в

реакцію «срібного дзеркала», окиснюючись до глюконової кислоти (в якості окисника – аміачний розчин гідроксиду срібла $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, або спрощено Ag_2O):



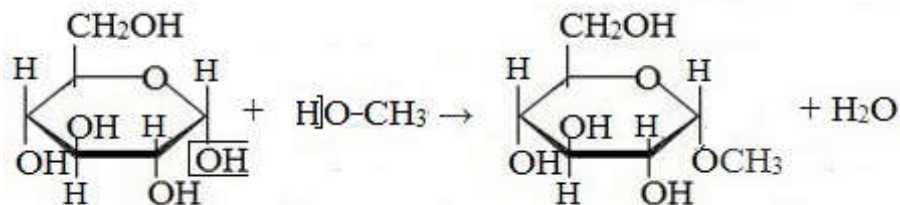
2б. Реакція Троммера. Розчини вуглеводів в лужному середовищі відновлюють при нагріванні купрум (II) гідроксид до купрум (I) оксиду, а вуглеводи окиснюються до кислот. Спочатку утворюють осад $\text{Cu}(\text{OH})_2$, до якого додають розчин вуглеводу. При нагріванні до кипіння утворюється жовтий осад CuOH і далі червоний осад Cu_2O . Наприклад, для глюкози реакція буде така:



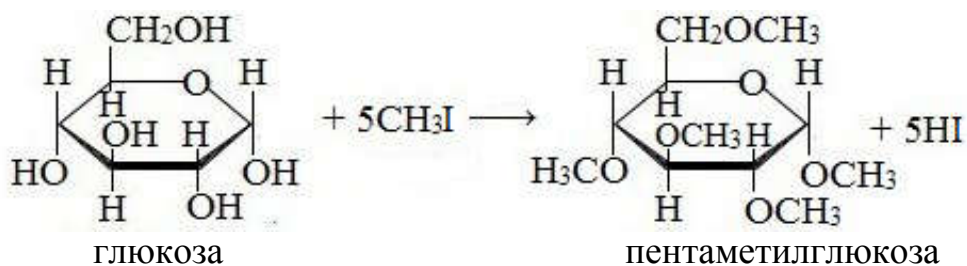
Обидві реакції є якісними на глюкозу та інші альдози.

3. Як багатоатомний спирт глюкоза вступає в реакцію *алкілування та ацилування*.

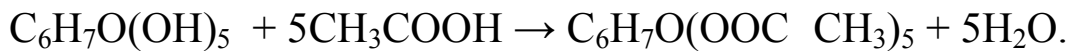
Зі слабкими алкілюючими агентами (спиртами) в кислому середовищі алкілуванню піддається тільки гідроксил, який утворюється з карбонільної групи. При цьому утворюються глікозиди:



При дії галогеналканів (сильний алкілюючий агент) Гідроген з усіх гідроксильних груп заміщується на алкільний залишок:



Монози, як багатоатомні спирти реагують з органічними кислотами і утворюють естери:

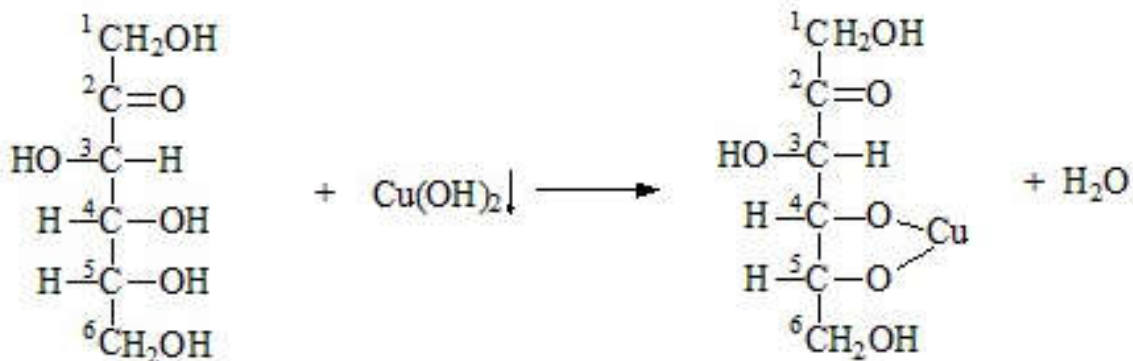


Одна молекула глюкози взаємодіє з п'ятьма молекулами ацетатної кислоти, тому що має п'ять спиртових гідроксильних груп.

Фруктоза є шестиатомним кетоспиртом. У вільному стані міститься у плодах, тому її називають плодовим цукром. Фруктоза вступає в хімічні реакції, типові для багатоатомних спиртів і кетонів.

Реакції, характерні для гідроксильних груп:

а) утворення блакитних сахаратів при взаємодії з купрум (II) гідроксидом:



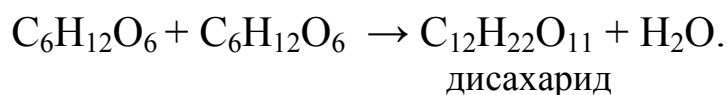
Якісною реакцією на фруктозу є реакція Селіванова. Вона полягає у взаємодії кетоз з резорцином (1,3-гідроксибензол) у присутності хлоридної кислоти. Утворюється складний продукт конденсації, що забарвлює розчин у вишнево-червоний колір. Цей метод дає змогу виявляти фруктозу не лише у вільному стані, а й у зв'язаному у складі сахарози чи інуліну, оскільки у кислому середовищі вони гідролізуються до кетоз.

Дисахариди вуглеводи, молекули яких, приєднуючи молекулу води, розщеплюються на дві молекули моносахаридів, причому вони можуть складатися із залишків однакових або різних молекул моноз.

Серед природних дисахаридів найбільше значення мають сполуки складу $C_{12}H_{22}O_{11}$, які при гідролізі розпадаються на дві молекули гексоз:



Дисахариди утворюються із двох молекул моносахаридів в циклічній формі при відщепленні молекули води. Схематично це можна записати так:

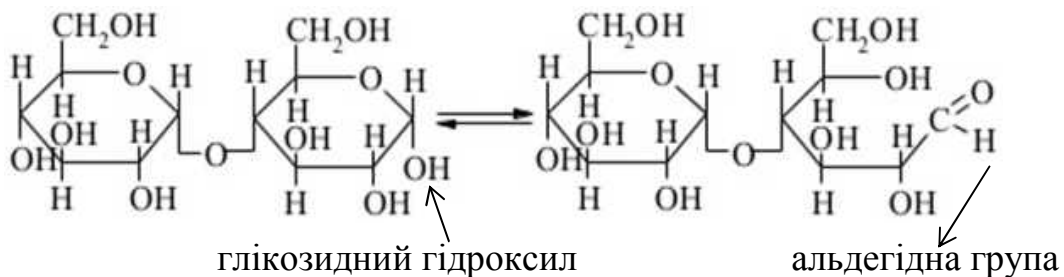


В утворенні дисахаридів беруть участь циклічні форми моноз.

Залежно типу зв'язку між двома залишками моноз, дисахариди поділяються на *відновлювальні* і *невідновлювальні*. Найважливішими відновлювальними дисахаридами є мальтоза, лактоза, целобіоза, невідновлювальними – сахароза і трегалоза.

Відновлюючі дисахариди

Мальтоза (солодовий цукор), $C_{12}H_{22}O_{11}$, утворюється із двох молекул глюкози. В молекулі мальтози один глікозидний гідроксил лишається вільним, тому у водних розчинах мальтоза є відновлюючим дисахаридом.



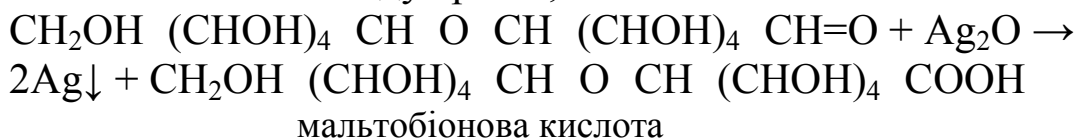
Завдяки цьому, для мальтози характерні реакції по альдегідній групі.

1. Реакція відновлення – утворюється багатоатомний спирт;

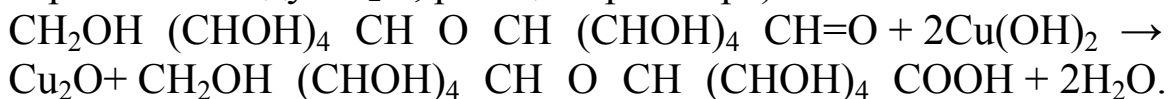


2. Реакції окиснення з утворенням мальтобіонової кислоти:

2а. Реакція з аміачним розчином аргентум нітрату (Ag_2O) з утворенням кислоти та осаду срібла;



2б. Реакція з $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при нагріванні – з утворенням кислоти та червоного осаду Cu_2O , реакція Троммера):



Як і всі вуглеводи, мальтоза є багатоатомним спиртом, тому для неї характерні реакції багатоатомних спиртів.

1. Реакція з купрум гідроксидом з утворенням комплексної сполуки купрум сахарату фіолетового кольору;

2. Реакція алкілування з утворенням етерів, наприклад, октаметилмальтози:

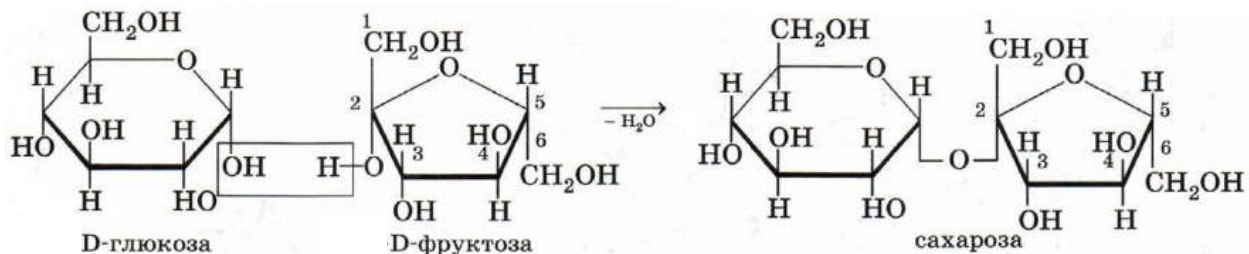
3. Реакція ацилювання з утворенням естерів, наприклад, окта-ацетилмальтози.

Невідновлювальними дисахаридами називають речовини, що утворюються внаслідок конденсації двох молекул моносахаридів з виділенням молекули води, за рахунок глікозидних гідроксилів обох молекул моносахаридів.

Оскільки в молекулах таких дисахаридів немає вільного глікозидного гідроксилу, вони не можуть переходити у відкриту альдегідну форму, а тому й не виявляють відновлюючих властивостей. Їх розчини не дають реакцій на альдегідну групу.

Найважливішими невідновлювальними дисахаридами є сахароза та трегалоза. Сахароза, $C_{12}H_{22}O_{11}$ (тростинний або буряковий цукор) один із найбільш давно відомих людині харчових продуктів.

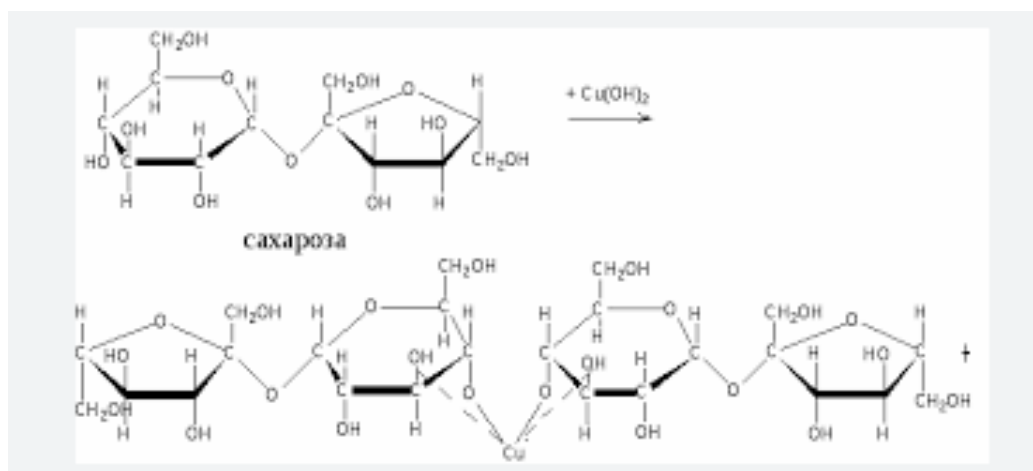
Молекула сахарози утворюється із молекул глюкози і фруктози:



Хімічні властивості

1. Сахароза не дає реакцій альдегідної групи, тому не відновлює Cu з $Cu(OH)_2$ при нагріванні (реакція Тромера не характерна для сахарози).

2. Для неї характерні реакції багатоатомних спиртів. Так, на холодну сахароза утворює з гідроксидами важких металів сахарати синього кольору, наприклад, з $Cu(OH)_2$:



2. Практична частина

Дослід 1. Взаємодія глюкози з $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (реакція Троммера)

<https://www.youtube.com/watch?v=aRlaxOs2hM4>

В пробірку налити 3 мл 5%-го розчину глюкози, 1 мл 5%-го розчину NaOH та 5 крапель 5%-го розчину CuSO_4 . Спостерігати утворення осаду $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Розчин перемішати, обережно нагріти в пробірці у полум'ї спиртового пальника до кипіння та утворення жовтого осаду CuOH або червоного осаду Cu_2O . Записати реакції, спостереження і висновки.

Дослід 2. Взаємодія глюкози з аміачним розчином аргентум гідроксиду (реакція «срібного дзеркала»)

https://www.youtube.com/watch?v=HTX7-L_g7SU

Приготувати аміачний розчин аргентум гідроксиду. Для цього до 2 мл 1%-го розчину аргентум нітрату краплями додають 5 %-ий розчин амоніаку. Після додавання перших крапель NH_4OH утворюється осад аргентум гідроксиду. Розчин амоніаку продовжити додавати краплями доти, поки осад аргентум гідроксиду не розчиниться.

Далі в пробірку додати 2 мл 1%-го розчину глюкози і нагрівати протягом 10 хв на гарячій водяній бані. На стінках виділяється металічне срібло у вигляді дзеркала. Записати реакції, спостереження і висновки.

Дослід 3. Якісна реакція на фруктозу (реакція Селіванова)

У пробірку вносять 2 мл 2%-ного розчину фруктози, 1 мл 2%-го водного розчину резорцину і 1 мл конц. хлоридної кислоти. Одержану суміш нагрівають протягом 1 хв. Записати спостереження і пояснити.

Дослід 4. Кислотний гідроліз сахарози

<https://www.youtube.com/watch?v=0DNpR8BxRH8>

В пробірку помістити 2-3 мл сахарози, додати розчин сульфатної кислоти. Нагріти пробірку. Додати до охолодженої пробірки 1-2 мл розчину лугу і 1-2 мл розчину купрум сульфату. Спостерігати утворення сахарату – купрум глюконату. Далі нагріти пробірку. Розчин змінює забарвлення і утворюється осад. Записати реакції, спостереження і висновки.

Дослід 5. Якісна реакція на сахарозу

В пробірку налити 2 мл 1%-го розчину сахарози, додати 1 мл 5%-вого розчину NaOH та 5 крапель 2%-вого розчину кобальт (II) нітрату

($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$). З'являється фіолетове забарвлення, яке характерне для сахарату кобальту.

Записати реакції, спостереження і висновки.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Якими реакціями можна розрізнити гліцерол, глюкозу та сахарозу? Навести реакції і пояснити їх.

2. Записати схему синтезу пентаацетату сахарози (використовуючи формулу Хеуорса для сахарози).

Варіант 2

1. У пробірках без етикеток знаходяться розчини глюкози, фруктози і сахарози. Як відрізнити ці сполуки? Записати рівняння реакцій і пояснити їх.

2. Як можна відрізнити тростинний цукор від молочного? Навести відповідні реакції.

Варіант 3

1. Записати реакції а) одержання пентаацетилглюкози; в) дії на глюкозу амоніачного розчину аргентум(I) гідроксиду.

2. Написати формули Хеуорса дисахаридів: а) мальтози; б) целобіози; в) трегалози. Які з наведених дисахаридів належать до відновлюючих? Пояснити, із залишків яких моносахаридів складаються вказані дисахариди.

Варіант 4

1. Записати структурні лінійну і циклічну формулу фруктози. Охарактеризувати її хімічні властивості.

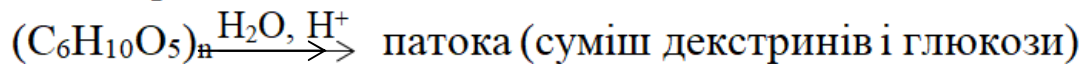
2. Які природні джерела сахарози Вам відомі? Написати схему одержання сахарози з природної сировини.

Варіант 5

1. Записати формули глюкози лінійну та циклічну, формули трьох її стереоізомерів. Чим відрізняються їх будови?

2. Написати формули Хеуорса дисахаридів лактози та сахарози. Які з них належать до невідновлюючих? З залишків яких моносахаридів складаються вказані дисахариди? Охарактеризувати хімічні властивості сахарози.

(
Частковий гідроліз:



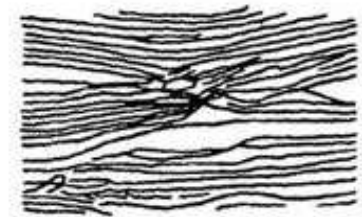
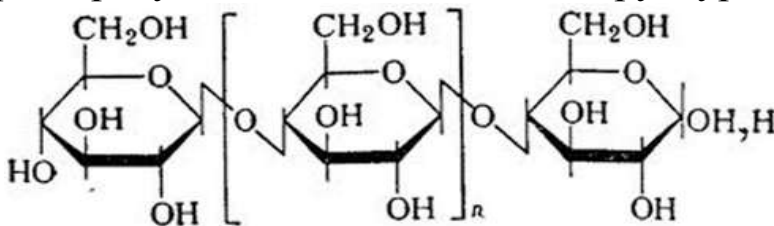
2. Якісна реакція на крохмаль – взаємодія з йодом

Амілоза взаємодіє з йодом з утворенням сполуки синього кольору.

Амілопектин з йодом набуває від червоного до фіолетового кольору.

Целюлоза (клітковина) має таку ж формулу, як і крохмаль – $(C_6H_{10}O_5)_n$ і є природним полімером. Молекули деяких видів целюлози містять до 40 тисяч ланок $C_6H_{10}O_5$ (відносна молекулярна маса – кілька мільйонів).

Макромолекули крохмалю та целюлози різняться за структурою. Молекули целюлози утворені залишками молекул β -глюкози і характеризуються лише лінійною структурою:



Внаслідок цього, на відміну від крохмалю, целюлоза легко утворює волокна. В молекулах целюлози немає альдегідної, карбонільної та глікозидних гідроксигруп. Вони містять лише спиртові гідроксигрупи, які зумовлюють її властивості багатоатомного спирту.

Целюлоза – біла тверда волокниста речовина, без смаку та запаху, нерозчинна у воді та органічних розчинниках. Вона не має сталої температури плавлення.

Хімічні властивості

1. Целюлоза, як і крохмаль, не виявляє відновних властивостей альдегідів.

2. *Гідроліз.* Целюлоза, подібно до крохмалю, гідролізується під дією розведених кислот. Кінцевим продуктом гідролізу є глюкоза. Сумарне рівняння гідролізу целюлози має такий вигляд:



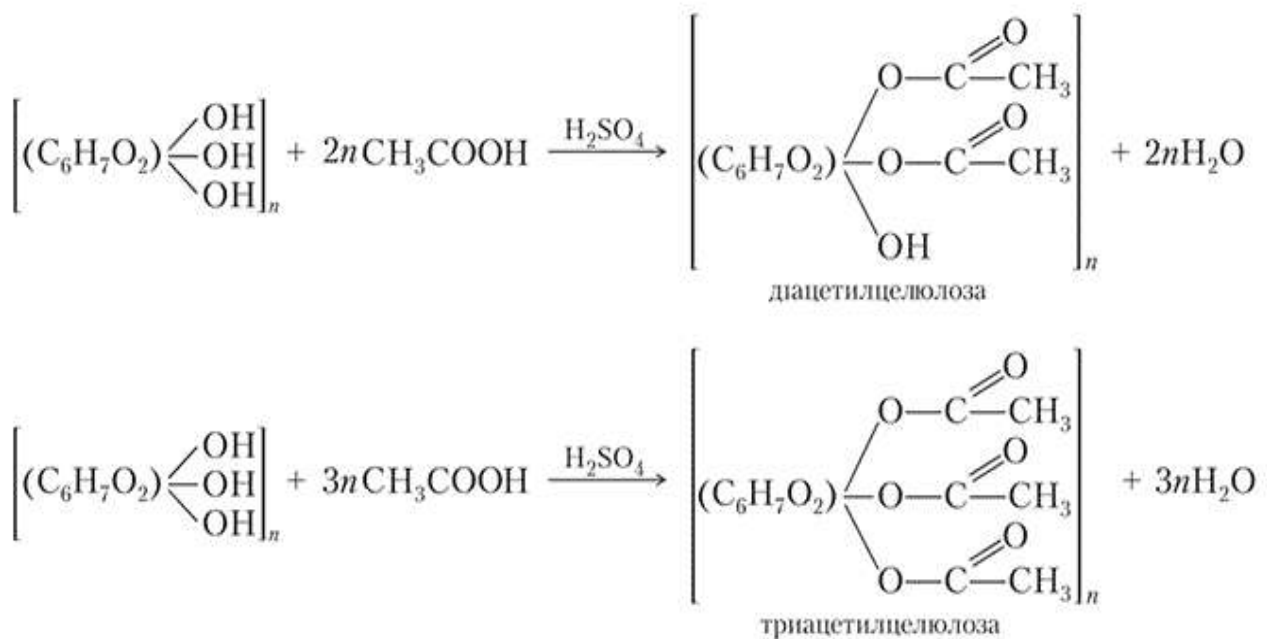
Здатність гідролізуватися – важлива хімічна властивість целюлози. Глюкозу, що утворюється внаслідок гідролізу целюлози, переробляють на етанол. Етанол, добутий з деревини, називається

гідролізним. У виробництві гідролізного спирту 1 т деревини замінює 1,5 т картоплі або 0,7 т зерна.

3. Реакції естерифікації. Целюлоза в кожній ланці $C_6H_{10}O_5$ має по три спиртові гідроксигрупи, завдяки яким може утворювати етери та естери.

Під час взаємодії целюлози з концентрованою нітратною кислотою за наявності водопоглинаючого засібу $H_2SO_{4\text{конц}}$ утворюються естери – моно-, ди- та тринітраті целюлози.

Целюлоза з ацетатною кислотою утворює ацетатні естери:



4. Термічний розклад. Під час нагрівання без доступу повітря целюлоза розкладається з утворенням деревного вугілля, води та легких органічних речовин (метанолу, ацетатої кислоти, ацетону тощо).

2. Практична частина

Дослід 1. Взаємодія крохмалю з йодом <http://surl.li/esffg>

До 2.3 мл 1%-го клейстеру додати одну краплю розчину йоду. Записати спостереження і висновки.

Дослід 2. Кислотний гідроліз крохмалю <http://surl.li/esffg>

До 2-3 мл розбавленого розчину крохмалю додати 3-4 мл розбавленої сульфатної кислоти. Перемішати розчин і нагрівати в полум'ї спиртовки, доти весь крохмаль не гідролізується (виконувати окремі проби на наявність крохмалю). Після повного гідролізу провести якісні реакції на глюкозу зі приготовленим

розчином купрум гідроксиду. Записати рівняння реакції, спостереження і висновки.

Дослід 3. Кислотний гідроліз целюлози <http://surl.li/esffg>

У фарфорову шашку внести декілька шматків вати або фільтрувального паперу. Обережно додати концентрованої сульфатної кислоти, розтерти суміш і додати 1-2 мл води. Вміст фарфорової чашки перенести в хімічний стакан і бережно нагріти суміш. Відбувається гідроліз целюлози з утворенням глюкози. Провести якісні реакції на глюкозу зі приготовленим розчином купрум гідроксиду. Записати рівняння реакції, спостереження і висновки.

Дослід 4. Одержання і властивості триацетату целюлози

У конічній колбі (50 мл) змішати 5 мл ацетатного ангідриду, 5 мл льодяної ацетатної кислоти і 1-2 краплі конц. сульфатної кислоти. Потім у колбу внести клубочок вати. Суміш нагріти на водяній бані до повного розчинення вати. Одержаний розчин вилити у 250 мл води. Випадає осад ацетатів целюлози, які відфільтровують на лійці Бюхнера, промивають декілька разів водою. Утворюється суміш ди- і триацетату целюлози, які розділяють різним розчиненням у ацетоні. Написати рівняння реакцій.

Контрольні запитання і завдання

(для виконання завдань треба опанувати лекції з теми «Вуглеводні»)

Варіант 1

1. Будова інуліну.
2. Які спільні хімічні властивості мають: а) сахароза, б) крохмаль і целюлоза? Чим це зумовлено? Записати рівняння реакцій.
3. Скільки литрів кисню виділяє зелена рослина при утворенні внаслідок фотосинтезу 81 г крохмалю (у перерахунку на мономер)?

Варіант 2

1. Будова глікогену.
2. Сік стиглого яблука відновлює аміачний розчин аргентум оксиду. Як пояснити це явище? Записати рівняння реакції.
3. У чотирьох пробірках маємо розчини крохмалю, целюлози, глюкози, фруктози. За допомогою якого реактиву можна визначити наявність крохмалю?

Варіант 3

1. Будова целюлози.

2. Сік зеленого яблука дає реакцію з йодом. Як пояснити це явище?

3. Целюлоза є продуктом: а) полімеризації глюкози; б) поліконденсації глюкози; в) ізомеризації глюкози; г) циклізації глюкози. Записати рівняння реакції.

Варіант 4

1. Особливості будови амілази.

2. Записати ланцюг перетворень: крохмаль \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow етанова кислота.

3. Для одержання штучного волокна целюлозу: а) нітрують; б) сульфують; в) ацетилюють; г) гідрують. Записати рівняння реакції.

Варіант 5

1. Особливості будови амілопектину.

2. Одержання нітроцелюлози – це реакція: а) гідратації; б) полімеризації; в) обміну; г) нітрування. Записати рівняння реакції.

3. Обчислити вихід глюкози, якщо з бавовни масою 150 кг отримали 110 кг цього моносахариду. Масова частка целюлози в бавовні становить 95%.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16 (4.3) ВЛАСТИВОСТІ АМІНОКИСЛОТ

Мета роботи: : засвоєння та поглиблення теоретичних знань та оволодіння практичними навичками при вивченні фізико-хімічних властивостей амінокислот.

1. Теоретична частина

Амінокислотами називаються гетерофункціональні сполуки, які містять у молекулах одночасно амінні і карбоксильні групи.

Амінокислоти класифікують:

1. Залежно від кількості функціональних груп:

а) моноаміномонокарбовові кислоти (одна група NH_2 , одна COOH), або нейтральні амінокислоти;

б) діаміномонокарбовові (дві групи NH_2 , одна COOH), або основні амінокислоти;

в) моноамінодикарбовові (одна група NH_2 , дві COOH), або кислі амінокислоти;

г) діамінодикарбонові кислоти (дві групи $-\text{NH}_2$, дві COOH) тощо.

2. Залежно від характеру вуглеводневого залишку амінокислоти поділяють на аліфатичні, ароматичні й гетероциклічні.

3. Залежно від розміщення аміногрупи відносно карбоксилу в головному ланцюгу розрізняють α -, β -, γ - і т. д. до ω -амінокислот (карбоксил і аміногрупа розміщені на протилежних кінцях карбонового ланцюга).

4. Особливо виділяються амінокислоти, що містять у своїх молекулах, крім NH_2 і COOH , інші функціональні групи гідроксигрупу OH (гідроксивмісні), тіольну групу SH та алкіловану $-\text{S R}$ (сульфуровмісні), амідну групу CONH_2 тощо.

5. Оскільки амінокислоти відіграють виключно важливу роль у процесах життєдіяльності, то у біоорганічній хімії їх поділяють на синтетичні і природні.

Серед природних, у свою чергу, розрізняють ті, що входять до складу білків (протеїногенні), і ті, що до складу білків не входять (непротеїногенні), а також окремо виділяють так звані незамінні амінокислоти, які необхідні тваринному організму, але не можуть у ньому синтезуватись.

Зараз відомо більше як 150 природних амінокислот, з них 26 виявлено в складі білків, 10 амінокислот є незамінними.

Найпоширенішими для амінокислот є тривіальні назви, зумовлені їхніми характерними ознаками, властивостями або назвами продуктів, з яких вони виділені. Для скороченого запису протеїногенні амінокислоти позначають кодом, використовуючи перші три літери тривіальної назви (українською чи латинською).

Структурна ізомерія амінокислот визначається ізомерією карбонового ланцюга і взаємним розміщенням функціональних груп.

Всі амінокислоти, що входять до складу білків є α -амінокислотами, тобто аміногрупа знаходиться біля α -атома Карбону після карбоксильної групи.

Просторова ізомерія визначається наявністю в молекулах амінокислот асиметричних атомів Карбону. Амінокислоти можуть існувати у вигляді оптичних ізомерів, причому протеїногенні амінокислоти (ті, що входять до складу білків) є *L*-формами. Амінокислоти *D*-типу в природі майже не зустрічаються.

Хімічні властивості амінокислот

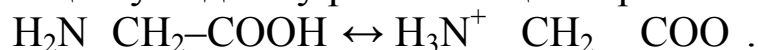
1. Кислотно-основні властивості

Оскільки в молекулах амінокислот містяться одночасно і основна, і кислотна групи, то ці сполуки мають амфотерний характер. Нейтральні молекули, що в розчинах містять одночасно позитивні та негативні йонні центри є біполярними йонами і називаються цвіттер-іонами.

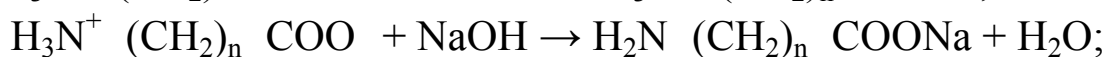
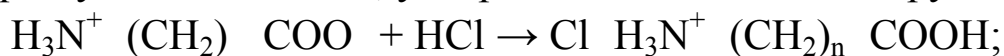
Таблиця. Деякі амінокислоти, що входять до складу білків

Формула	Назва	Скорочене позначення
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Гліцин	Глі
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Аланін	Ала
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \quad \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Валін	Вал
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Лейцин	Лей
$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аспарагінова кислота	Асп
$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глютамінова кислота	Глу
$\begin{array}{c} \text{SH} - \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Цистеїн	Цис
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{SH} - \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Метіонін	Мет
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Фенилаланін	Фен
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Тирозин	Тир
$\begin{array}{c} \text{OH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Серін	Сер
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \quad \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Треонін	Тре
$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Лізін	Ліз

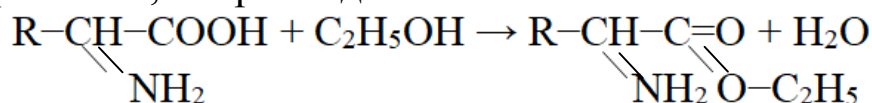
Наприклад, гліцин у водному розчині є цвіттер-іоном:



У кислих розчинах вони виявляють основні властивості, а в лужних реагують як кислоти, утворюючи відповідно дві групи солей:



2. Реакції карбоксильної групи практично не відрізняються від аналогічних властивостей звичайних карбонових кислот. До них належать утворення: а) солей з основами; б) галогенангідридів; в) естерів та ін., наприклад



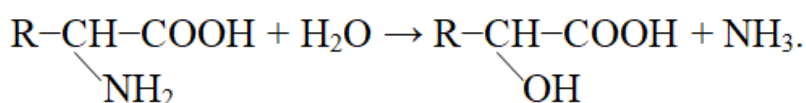
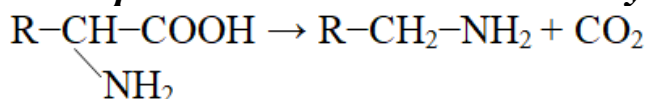
етиловий естер амінокислоти

3. Реакції аміногрупи аналогічні відповідним реакціям амінів:

- а) утворення солей з кислотами; б) ацилювання; в) алкілювання; г) взаємодія з нітритною кислотою.

Карбоксильна й амінна групи, особливо якщо вони перебувають в α -положенні, істотно впливають одна на другу. Перерозподіл електронної густини, який відбувається у цьому разі в молекулі, зумовлює активацію функціональних груп і спричинює ряд специфічних реакцій амінокислот, що наведені далі.

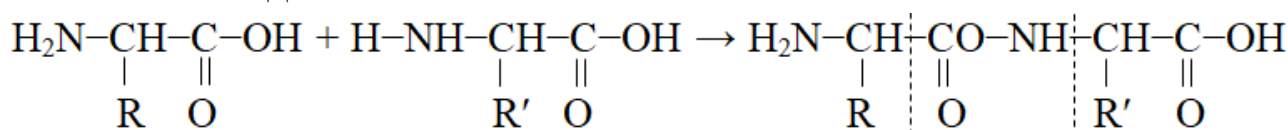
4. Реакції декарбоксилювання і дезамінування (відщеплення CO_2 , NH_3):



Процес декарбоксилювання α -амінокислот поширений у живих організмах і зумовлює утворення біогенних амінів.

5. Утворення пептидного зв'язку

Амінокислоти є мономерними структурними одиницями білкової молекули. Кожну амінокислоту, яка входить в склад білка, називають амінокислотним залишком. Амінокислотні залишки в молекулі білка зв'язані пептидними зв'язками



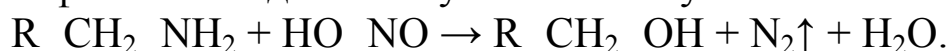
пептидний зв'язок

4. Реакція Фоля на сульфуровмісні амінокислоти. При тривалому нагріванні рідина, що містить сульфуровмісні амінокислоти (цистеїн, цистин, метіонін) і білки, в яких присутні ці амінокислоти, набуває бурого кольору і випадає чорний осад плюмбум сульфід. Реактив Фоля складається з суміші 5%-го розчину плюмбум ацетата та надлишку 10%-го розчину натрій гідроксиду.

Реакція проходить у дві стадії: перша стадія – перехід Сульфуру з органічної сполуки в неорганічну; друга стадія – якісне виявлення цього елемента в розчині. Під час кип'ятіння цистеїну та цистину в лужному середовищі від них легко відщеплюється Сульфур у вигляді гідрогенсульфіду H_2S , який в лужному середовищі утворює натрій сульфід.

Натрій сульфід можна виявити за допомогою важких металів, наприклад, іонів свинцю, які утворюють з іонами Сульфуру нерозчинний плюмбум сульфід чорного кольору.

5. **Реакція з нітритною кислотою.** При взаємодії α -амінокислоти, в складі якої є первинні аліфатичні аміни, з нітритною кислотою в присутності ацетатної кислоти утворюється азот. Візуальним ефектом є виділення бульбашок газу.



Практична частина

Дослід 1. Реакції амінокислот у водних розчинах

Аланін у водному розчині існує у формі цвіттер-іону і має кислотні та лужні властивості. Моноамінодикарбонова глутамінова кислота має більш виражені кислотні властивості, тоді як діаміномокарбонова амінокислота лізин – лужні.

На універсальний індикаторний папірець наносять по одній краплі розчинів наступних амінокислот: аланіну, глутамінової кислоти і лізину. Відмічають забарвлення універсального індикатора. Записати рівняння дисоціації кислот і пояснити реакцію їх водного середовища.

Дослід 2. Біуретова реакція

<https://www.youtube.com/watch?v=mPE3ZSYSFKo>

В пробірку внести 2 мл 0,01%-го водного розчину аспарагіну, 1 мл 10%-го розчину NaOH та 1-2 краплі 10%-го розчину $CuSO_4$, все перемішати. Зробити висновок та записати свої спостереження.

Дослід 2. Нінгідрінова реакція <http://surl.li/esfjj>

У пробірку внести п'ять крапель розчину гліцину та дві краплі

розчину нінгідрину. Вміст пробірки перемішати і підігріти на водяній бані за температури 70°C протягом 5 хв. Записати спостереження і висновки.

Дослід 3. Ксантопротеїнова реакція

<https://www.youtube.com/watch?v=ovj6nDyKh7w>

В пробірку внести 3 мл розчину тирозину та 1 мл концентрованої нітратної кислоти. Суміш обережно нагріти до появи забарвлення. Після охолодження в пробірку додати розчин натрій гідроксиду до появи оранжевого забарвлення. Записати спостереження і висновки.

Дослід 4. Реакція Фоля на сірковмісні амінокислоти

<https://www.youtube.com/watch?v=KdMMejHX12I>

В пробірку внести 1 мл розчину цистеїну, 2 мл концентрованого розчину натрій гідроксиду та 1 мл реактиву Фоля. Суміш ретельно перемішати і кип'ятити на водяній бані 2 хвилини. Записати спостереження, рівняння реакцій і висновки.

Дослід 5. Реакція з нітритною кислотою

<https://www.youtube.com/watch?v=lcNUtwHezAw>

В пробірку внести 0,5 мл розчину гліцину, додати декілька крапель натрій нітриту, дві краплі концентрованої ацетатної кислоти й обережно збовтати. Записати рівняння реакції, спостереження і висновки.

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Пояснити амфотерні властивості амінокислот.
2. Пояснити будову пептидного зв'язку і записати реакцію утворення дипептиду цис-мет.
3. Пояснити утворення цвіттер-іону.
4. Пояснити біуретову реакцію при виявленні трипептидів.

Варіант 2

1. Перелічити і записати функціональні групи, які можуть бути в складі амінокислот.
2. Описати будову пептидного зв'язку і записати реакцію утворення дипептиду фен-мет.
3. Записати реакцію утворення естеру на прикладі аланіну і н-про-панолу.
4. Пояснити візуальний ефект при виявленні амінокислот за допомогою нінгідрину.

Варіант 3

1. Записати і назвати формули сульфурвмісних амінокислот. Які функціональні групи містять в своєму складі атоми Сульфуру?
2. Пояснити будову пептидного зв'язку і записати реакцію утворення трипептиду ліз-фен-тре.
3. Записати реакцію валіну з натрій гідроксидом.
4. Пояснити виявлення амінокислот за допомогою нітритної кислоти.

Варіант 4

1. Навести приклади амінокислот, які містять ароматичне кільце. Якою якісною реакцією можна його ідентифікувати?
2. Пояснити будову пептидного зв'язку і записати реакцію утворення дипептиду вал-лей.
3. Записати реакцію треоніну с хлоридною кислотою.
4. Пояснити виявлення амінокислот за допомогою реактиву Фоля. Для яких амінокислот він використовується.

Варіант 5

1. Перелічити і записати формули амінокислот, розчин яких має кислу реакцію середовища.
2. Пояснити будову пептидного зв'язку і записати реакцію утворення дипептиду асп-глу.
3. Записати рівняння реакції глютамінової кислоти с лугом і сульфатною кислотою.
4. Пояснити виявлення амінокислот за допомогою ксантопротеїнової реакції.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17 (4.4) ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ

Мета роботи: засвоєння та поглиблення теоретичних знань та оволодіння практичними навичками виконання дослідів при вивченні фізико-хімічних властивостей білків

Теоретична частина

Білки – це високомолекулярні нітрогеновмісні органічні сполуки, які складаються з залишків амінокислот, що зв'язані між собою пептидними зв'язками. Вони мають велику молекулярну масу – від 6000 до декількох сотень тисяч. Зміна числа амінокислотних залишків та послідовності їх розташування в молекулі білка забезпечує можливість утворення великої кількості білків, які

розрізняються своїми фізико-хімічними властивостями, будовою та функціями.

Функціональні властивості білків визначаються послідовністю розташування амінокислот і структурною організацією.

Первинна структура – це якісний і кількісний склад амінокислот, послідовність їх розташування в поліпептидних ланцюгах білкової молекули. Основу первинної структури становлять пептидні зв'язки. Зараз розшифрована первинна структура більш тисячі білків з різних організмів, в тому числі і людини. Інсулін підшлункової залози утворює ланцюг з 21 амінокислотних залишків, молекула ферменту рибонуклеази містить пептидний ланцюг з 124 амінокислотними залишками.

Під *вторинною структурою* розуміють форму поліпептидного ланцюга у просторі, яка може бути витягнутою в нитку, згорнутою в клубок або скрученою в спіраль. Розрізняють типи вторинної структури: α -спіральну, β -складчасту. У стабілізації вторинної структури важливу роль відіграють водневі зв'язки. Вторинна структура є вищою формою організації для фібрилярних білків.

Третинна структура – просторове розміщення поліпептидних ланцюгів, що визначає їх конфігурацію. Істотну роль в утворенні третинної структури відіграють водневі та дисульфідні зв'язки, які сприяють утворенню функціонально активної структури. Білок одержує наживну структуру. Згортання білка приводить до утворення єдиної наживної конфігурації. Різні порушення третинної структури приводять до зміни властивостей білка і загублення біологічної активності.

Четвертинна структура – розміщення в просторі кількох поліпептидних ланцюгів у макромолекулі білка. Вона виникає в результаті асоціації декількох пептидних ланцюгів з третинною структурою в одну велику молекулу, молекулярна маса якої перевищує 50000. Класичним прикладом білка, який має четвертинну структуру, є гемоглобін.

За хімічною структурою усі білки діляться на прості (протеїни, які побудовані тільки з залишків амінокислот) і складні білки (протеїди, які складаються з простого білку і зв'язані з ним сполуки небілкової природи).

По формі білкової молекули білки ділять на дві групи: фібрилярні (складаються з паралельно розташованих поліпептидних ланцюгів) та глобулярні (мають кулясту, еліпсоїдну або овальну форму молекул).

По відношенню до розчинників виділяють альбуміни (розчиняються у воді та концентрованих сольових розчинах) та глобуліни (не розчиняються у воді та водних розчинах невеликих концентрацій).

Усі протеїди (складні білки) поділяють на групи залежно від природи їх небілкової частини.

Хромопротеїди – містять простий білок і забарвлену простетичну групу. Фосфопротеїди – складні білки, у молекулах яких білок зв'язаний з фосфатною кислотою, ліпопротеїди містять білок, зв'язаний з ліпідами, глікопротеїди містять вуглеводи і їх похідні.

Фізичні властивості білків

Білки – кристалічні речовини, як правило білого кольору.

Розчинність білків у воді, водних розчинах і органічних розчинниках

Білки бувають розчинні і нерозчинні у воді. Розчинність білків залежить від їх структури, величини рН, сольового складу розчину, температури та інших факторів і визначається природою тих груп, які знаходяться на поверхні білкової молекули.

До нерозчинних білків відносяться кератин (волосся, нігті, пір'я), колаген (сухожилля), фіброїн (шовк, павутина). Багато інших білків розчиняються у воді. Розчинність визначається наявністю на їх поверхні заряджених і полярних угруповань (COO^- , NH_3^+ , OH і ін.). Заряджені і полярні групи білків притягують до себе молекули води, і навколо них формується гидратна оболонка, існування якої й зумовлює їх розчинність у воді.

При розчиненні у воді білки набрякають і утворюють завдяки великим розмірам молекул колоїдні розчини.

На розчинність білка впливає наявність нейтральних солей (Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і ін.) в розчині. При малих концентраціях солей розчинність білка збільшується, тому що в таких умовах збільшується ступінь дисоціації полярних груп і екрануються заряджені групи білкових молекул, тим самим знижується білок-білкова взаємодія, яка сприяє утворенню агрегатів і випадання білка в осад. При високих концентраціях солей розчинність білка знижується внаслідок руйнування гідратної оболонки, що приводить до агрегації молекул білка.

Білки альбуміни добре розчинні в чистій воді. Існують білки, які розчиняються тільки в розчинах солей і не розчиняються в чистій воді – глобуліни.

Розчинність білків залежить і від рН розчинів. Мінімальну розчинність мають білки в ізоелектричній точці, що пояснюється відсутністю електростатичного відштовхування між молекулами білка.

При певних умовах білки можуть утворювати гелі. При утворенні гелю молекули білка формують густу мережу, внутрішній простір якої заповнений розчинником. Гелі утворюють, наприклад, желатина та білки молока при приготуванні кислого молока.

На розчинність білка впливає й температура. При дії високої температури багато білків випадають в осад внаслідок порушення їх структури.

При руйнуванні гідратних оболонок білкових молекул у водних розчинах (при дії водовіднімаючих речовин концентрованих розчинів солей лужних металів, ацетону, спирту та ін.) розчинність білків знижується, вони випадають в осад, йде руйнування колоїдної системи.

Більшість органічних розчинників (спирт, ацетон, етер, хлороформ) осаджують білки з нейтральних і слабкокислих розчинів. Дія органічних розчинників полягає у зв'язуванні молекул води й дегідратації частинок білка.

У водних розчинах електролітів стійкість білків знижується. Якщо в розчині білка є солі, то осад утворюється швидше й повніше. Іони солі зв'язуються колоїдними частинками білка й зменшують їх заряд, що ще більше знижує стійкість білка в розчині.

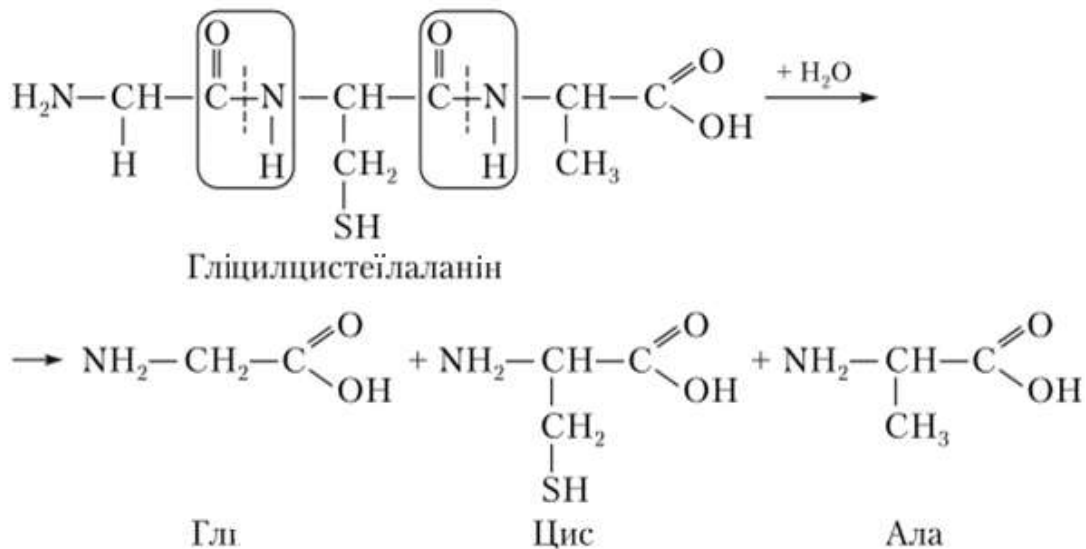
При нагріванні та дії солей важких металів білки зсідаються, утворюються осади, які неспроможні до зворотного розчинення. В основі такого незворотного явища – *денатурації* білка, лежить руйнування його вторинної, третинної та четвертинної структур. Для різних білків температура їх коагуляції (зсідання) неоднакова. Деякі білки коагулюють при 50-55 °С, а інші можуть витримувати нетривале кип'ятіння. Механізм температурної коагуляції та денатурації білків пов'язаний з перебудовою структури макромолекул білка, зокрема колоїдні частинки білка під впливом підвищеної температури з гідрофільних стають гідрофобними (відштовхують воду). Йде глибока та незворотна зміна вторинної та первинної будови молекул білка. При додаванні до кислих розчинів білків нейтральних солей теж можлива коагуляція.

Хімічні властивості білків

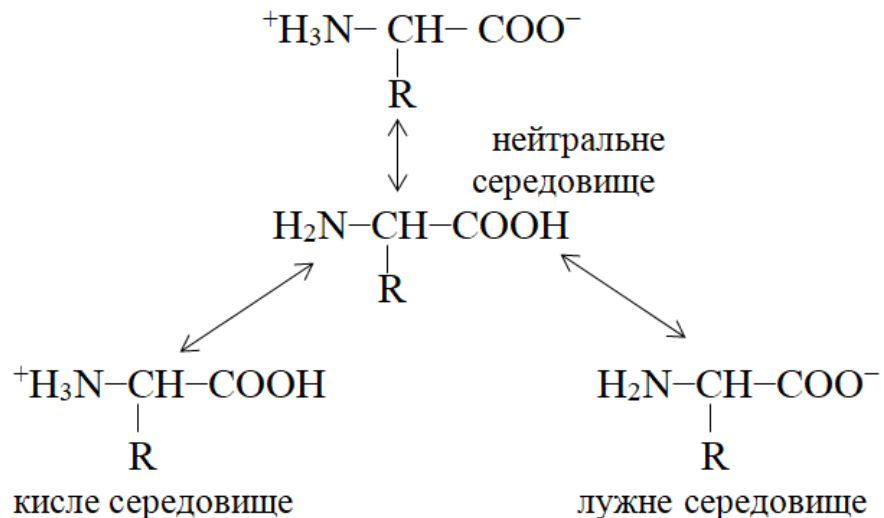
Для білкової молекули характерні різні типи зв'язків: іонні (сольові), водневі, дисульфідні.

Хімічні властивості білків різноманітні, тому що бічні радикали амінокислотних залишків вміщують різні функціональні групи (NH_2 , COOH , OH , SH).

1. Характерною реакцією для білків є гідроліз пептидних зв'язків.



2. Завдяки карбоксильним (кислотним) та аміно- (основним) групам молекула білка має амфотерні властивості.



При певній реакції середовища кислотні та лужні радикали білкових молекул нейтралізуються, молекула стає нейтральною. Ця величина рН реакції є *ізоелектричною точкою білка*. В дуже кислих та лужних розчинах білки не випадають в осад при нагріванні.

3. Іони важких металів з білками утворюють міцні комплексні сполуки. Для утворення таких комплексів потрібні розведені розчини

солей та невелика їх кількість.

При малих концентраціях солей відбувається осадження білків. При надлишку солей, наприклад, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ та CuSO_4 , спостерігається розчинення утвореного ними осаду. Таке явище можна пояснити адсорбцією надлишку йонів метала та перезарядженням білкового комплексу. Під впливом інших іонів солей важких металів срібла, ртуті та ін., розчини білків незворотно коагулюють в гель.

4. Якісні реакції білків

4.1. Білки (поліпептиди) в лужному середовищі при наявності купрум (II) сульфату, утворюють комплекси з атомами міді, які набувають фіолетового кольору (біуретова реакція). Цю реакцію використовують для їх якісного визначення.

4.2. Нінгідрінова реакція властива як для вільних α -амінокислот, так і тих, які входять до складу білків та поліпептидів. При кип'ятінні білка з розчином нінгідрину, амінокислоти окиснюються з утворенням вуглекислого газу, аміаку і альдегіду. Нінгідрин при цьому відновлюється. Відновлений нінгідрин конденсується з аміаком і молекулою окисленого нінгідрину, утворюючи сполуку синьо-фіолетового кольору (Комплекс Руємана).

4.3. Ксантопротеїнова реакція є специфічною на ароматичні амінокислоти: триптофан, фенілаланін, тирозин. При обробці білків концентрованою нітратною кислотою білок спочатку випадає в осад, а при нагріванні розчиняється. Після цього розчин набуває жовтого кольору, який після додавання лугу переходить в оранжевий.

4.4. Реакція Фоля вказує на наявність у білку амінокислот цистину та цистеїну, які містять SH-групи. Принцип даної реакції полягає в тому, що сульфуровмісні амінокислоти (цистин і цистеїн) білків при нагріванні в присутності NaOH руйнуються з утворенням натрій сульфїду. Останній реагує з іонами свинцю з утворенням чорного осаду плюмбум сульфїду.

Практична частина

Дослід 1. Осадження білків за різних умов

У 5 пробірок налити по 2 мл розчину яєчного білка. Нагріти вміст першої пробірки. Спостерігати поступове випадіння білка в осад.

В другу пробірку додати одну краплю 1%-ої ацетатної кислоти та нагріти. Осад білка випадає швидше й повніше, оскільки білок в цьому випадку знаходиться в ізоелектричній точці.

В третю пробірку додати 0,5 мл 10%-ої ацетатної кислоти та нагріти. Осад білка не утворюється навіть при кип'ятінні.

В четверту пробірку додати 0,5 мл 10%-ої ацетатної кислоти та 3-4 краплі насиченого розчину натрій хлориду та нагріти. Утворюється осад білка.

В п'яту пробірку додати 0,5 мл 10%-го NaOH та нагріти. Осад білка не утворюється навіть при кип'ятінні.

Результати спостережень занести до таблиці. Зробити висновки та заповнити таблицю.

Таблиця 5.

Нейтральне середовище	Слабко-кисле середовище (1%-ний роз-н CH ₃ COOH)	Кисле середовище (10% роз-н CH ₃ COOH)	Кисле середовище + сіль (10% к-та + NaCl)	Лужне середовище (10% роз-н NaOH)

Дослід 2. Осадження білків іонами важких металів

В три пробірки налити по 1-2 мл розчину яєчного білку. Додати по краплям в першу – розчин плюмбум (II) ацетату (Pb(CH₃COO)₂), в другу – купрум (II) сульфату (CuSO₄), в третю – аргентум (I) нітрату (AgNO₃). Записати спостереження.

У пробірку з осадами від плюмбум (II) ацетату і купрум (II) сульфату додати надлишок цих солей. Спостерігати при цьому розчинність осадів. Зробити висновок та записати свої спостереження.

Дослід 3. Осадження білків органічними розчинниками

У пробірку налити 1 мл 1 % розчину яєчного білка 1 мл спирту. Додати до пробірки декілька крапель NaCl. Записати спостереження та зробити висновок.

Дослід 4. Виконання якісних реакцій на складові білків

4.1. Біуретова реакція на пептидні зв'язки
<https://www.youtube.com/watch?v=WGXs9Ldiq-M>

В колбу внести 3 мл 1%-го розчину яєчного білка, 1 мл 10%-го розчину NaOH та 1-2 краплі 1%-го розчину CuSO₄, все перемішати.

4.2. Нінгідрінова реакція на аміногрупи

У пробірку внести 1 мл 10% розчину білка, додати 1 мл 0,5% розчину нінгідрину. Суміш кип'ятити 1-2 хвилини.

4.3. Ксантопротеїнова реакція на ароматичні складові

У пробірку внести 1 мл 10 %-го розчину яєчного білка, додати 0,5 мл концентрованої HNO_3 . Обережно нагріти на водяній бані. Охолодити та додати 2 мл 10 %-го розчину NaOH .

4.4. Реакція Фоля на наявність сульфуровмісних груп

У дві пробірки налити: в першу – 1 мл 10 %-го розчину яєчного білка, а в другу – 1 мл 1%-го розчину желатину. В обидві пробірки додати по 1 мл 30% розчину NaOH . В обидві пробірки додати по одній краплі 5% розчину ацетату свинцю. Нагрівати впродовж трьох хвилин на водяній бані.

Дані досліду 4 звести до таблиці.

Назва реакції	Реагент	Спостереження	Висновки

Контрольні запитання і завдання

Варіант 1

1. Пояснити первинну структуру білків.
2. Які види взаємодій підтримують третинну структуру білкової молекули?
3. Що таке денатурація білка? Чим вона може бути зумовлена?
4. Записати гідроліз трипептиду Ала-Глі-Сер.
5. Розрахувати масову частку Купруму в ферменті аскорбатоксидазі, яка має молекулярну масу 150000, якщо відомо, що кожна її молекула містить 6 атомів цього елемента.

Варіант 2

1. Пояснити вторинну структуру білків.
2. Пояснити розчинність білків у воді.
3. Пояснити амфотерну природу білків.
4. Записати гідроліз трипептиду Лей-Фен-Ала.
5. Розрахувати масову частку Купруму в гемоціаніні (білок крові омара), який має молярну масу 780000, якщо відомо, що кожна молекула містить двадцять атомів цього елемента.

Варіант 3

1. Пояснити третинну структуру білків.
2. Пояснити розчинність білків в розчинах нейтральних солей.
3. Навести класифікацію білків за хімічною будовою.
4. Записати гідроліз трипептиду Ван-Глі-Лей.
5. Білок вміщує 0,8 % цистеїну. $\text{CH}_2(\text{SH})$ $\text{CH}(\text{NH}_2)$ COOH .
Розрахувати молекулярну масу цього білка.

Варіант 4

1. Пояснити четвертинну структуру білків.
2. Пояснити розчинність білків в органічних розчинниках.
3. Навести класифікацію білків за формою молекул.
4. Записати гідроліз трипептиду Ала-Ліз-Сер.
5. Визначити кількість атомів Карбону (масова частка 53,17 %) в інсуліні, якщо відомо, що він має три дисульфідні зв'язки, а масова частка Сульфуру становить 3,35 %.

Варіант 5

1. Пояснити, що таке ізоелектрична точка білка.
2. Пояснити розчинність білків в розчинах кислот і основ з великою концентрацією.
3. Навести класифікацію білків за природою простетичної групи.
4. Записати гідроліз трипептиду Тре-Ліз-Мет.
5. Гемоглобін вміщує 0,34 % Феруму. Розрахувати молекулярну масу гемоглобіну.

Рекомендована література

Основна література

1. Бойчук І. Д., Зубрицька Л. О. Органічна хімія : навч. посіб. Київ : ВСВ «Медицина», 2013. 80 с.
2. Ластухин Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник для вищих навчальних закладів. Львів : Центр Європи, 2009. 868 с.
3. Мітрясова О. П. Органічна хімія : навч. посіб. Київ : Кондор, 2018. 412 с.
4. Кельїна С. Ю., Личко О. І. Хімія мономерів : метод. вказівки. Частина 1. Миколаїв : НУК, 2015. 36 с.
5. Літковець О. К. Органічна хімія. Львів : Львівська політехніка, 2001. 200 с.

Додаткова література

1. Романишина Л. М. Лабораторний практикум з органічної хімії. Київ : 1996. 183 с.
2. Бобрівник Л. Д. Органічна хімія : підручник для студ. вузів. Київ : Ірпінь, 2002. 544 с.

Навчальне видання

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації

Укладач: **Кельїна** Світлана Юріївна

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 6,5

Тираж 20 прим. Зам. №____

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.