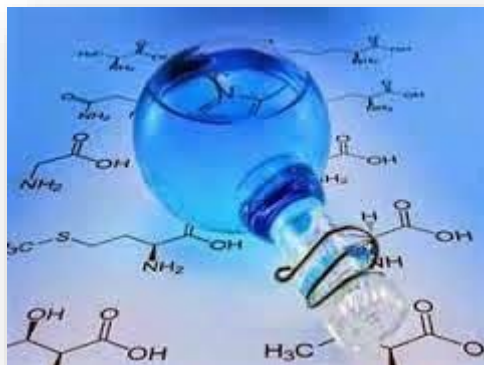


Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівська політехніка»



ХІМІЯ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Модуль 4 «ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
для здобувачів вищої освіти за освітньою програмою
«Харчові технології та інженерія» (освітній ступінь бакалавр)
всіх форм навчання

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри харчових
технологій
Протокол № 1 від 01.09.2022 р.

Чернігів 2022

Хімія в харчових технологіях. Модуль 4 «Органічна хімія». Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Харчові технології та інженерія» (освітній ступінь бакалавр) всіх форм навчання / Укл.: Замай Ж.В., Гуменюк О.Л. Чернігів: НУ »Чернігівська політехніка», 2022. 82 с.

Укладачі:

Замай Жанна Василівна,
кандидат технічних наук, доцент, доцент
кафедри харчових технологій
Національного університету «Чернігівська
політехніка»

Гуменюк Оксана Леонідівна,
кандидат хімічних наук, доцент, доцент
кафедри харчових технологій
Національного університету «Чернігівська
політехніка»

**Відповідальний
за випуск:**

Хребтань Олена Борисівна,
завідувач кафедри харчових технологій
Національного університету «Чернігівська
політехніка», кандидат технічних наук

Рецензент:

Буяльська Н.П., кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій
Національного університету «Чернігівська
політехніка»

Зміст

Правила техніки безпеки під час роботи в хімічній лабораторії	4
План проведення лабораторних занять	7
Практична робота № 1 Класифікація, номенклатура органічних сполук....	8
Лабораторна робота № 1 Якісний елементний аналіз органічних речовин	28
Практичне заняття №2 Добування і властивості насичених вуглеводнів .	34
Практичне заняття № 3 Добування і властивості ненасичених та ароматичних вуглеводнів.....	36
Лабораторна робота № 2 Одержання та властивості ненасичених вуглеводнів	40
Практичне заняття № 4 Одно- та багатоатомні спирти та феноли.....	47
Лабораторна робота № 3 Хімічні властивості одно-, багатоатомних спиртів та фенолів.....	51
Практичне заняття № 5 Добування і властивості альдегідів, кетонів та карбонових кислот.....	57
Лабораторна робота № 4 Добування і властивості альдегідів, кетонів та карбонових кислот.....	61
Лабораторна робота № 5 Хімічні властивості вищих жирних карбонових кислот, жирів та мила.....	66
Лабораторна робота № 6 Хімічні властивості вуглеводів	74
Список використаних джерел	82

Правила техніки безпеки під час роботи в хімічній лабораторії

Додержання правил роботи і техніки безпеки – запорука успішного виконання поставленого завдання і водночас – збереження здоров'я як самого виконавця, так і інших людей, що працюють у лабораторії, а також раціонального використання і збереження часу і матеріальних цінностей.

У процесі роботи в лабораторії органічної хімії слід враховувати особливості органічних сполук – вони горючі, легко обвітрюються, часто мають неприємний запах і є отруйними. Тому з ними треба працювати обережно і акуратно.

Під час роботи з органічними сполуками, пов'язаної зі застосуванням спеціальних методів і апаратури, треба суворо додержуватися правил роботи в лабораторіях і у разі недодержання умов досліду можливе псування апаратури, спалахування вогненебезпечних речовин, отруєння, опіки, порізи та інші нещасні випадки. Робота з малими кількостями речовин зменшує можливість нещасних випадків, але не виключає їх. Щоб запобігти аварійним ситуаціям, студент повинен твердо засвоїти правила роботи у лабораторії.

До роботи у лабораторії студенти допускаються після того, як вони пройдуть інструктаж про правила поведінки і техніки безпеки, а також звітуються у засвоєнні теоретичного матеріалу з експериментальної роботи та методики її виконання.

Працюючи у лабораторії органічної хімії, слід знати і суворо дотримуватись таких правил:

- забороняється приступати до роботи без дозволу викладача;
- забороняється вживати їжу, палити;
- кожний студент повинен працювати на місці, спеціально виділеному для даної роботи;
- забороняється працювати в лабораторії одному, без халата; довге волосся слід підв'язувати косинкою;
- робота в лабораторії проводиться з урахуванням усіх попереджень, вказаних в методиці виконання;
- забороняється залишати діючий прилад без догляду;
- всі дослід з отруйними речовинами і речовинами, що неприємно пахнуть, проводять у витяжній шафі;
- визначаючи запах речовин, слід нюхати обережно, не вдихаючи глибоко, спрямовуючи пари або газ на себе долонею. Жодну речовину в лабораторії не можна куштувати на смак;
- працюючи з лугами, лужними металами, кислотами, вибухонебезпечними речовинами та здійснюючи інші дослід, пов'язані з небезпекою для очей, слід надягати захисні окуляри;

– нагрівання легколетких горючих рідин (ефір, ацетон, бензен, спирт і т.п.) проводять не на відкритому полум'ї, а тільки на водяній бані;

– категорично забороняється нагрівати воду, розчини в закритих посудинах;

– нагрівати рідини в пробірках треба поступово, зверху донизу шару рідини, спрямовуючи отвір пробірки від себе і від працюючих поряд товаришів, оскільки в результаті перегрівання нижньої частини може статися викид рідини;

– категорично забороняється виливати в раковину залишки концентрованих кислот, лугів, вогненебезпечних органічних рідин, а також рідин, що неприємно пахнуть. Для цього використовують спеціальні склянки, що знаходяться у витяжній шафі;

– не можна кидати в раковини папір, вату, недопалені сірники та ін.;

– після роботи слід ретельно прибрати робоче місце і вимити руки з милом;

– слід заощаджувати газ, воду, електроенергію і реактиви;

– перш ніж замкнути лабораторію, треба перевірити, чи вимкнуті газ, вода і світло.

Ліквідація наслідків нещасних випадків і надання першої допомоги

Перев'язувальні засоби і медикаменти знаходяться в лабораторній аптечці.

У аптечці завжди повинні бути: бинти або індивідуальні пакети, гігроскопічна вата, антисептичний пластир, 5%-й розчин йоду, етиловий спирт, насичений розчин калійперманганату, насичений розчин карбонату натрію, 1%-й розчин оцтової кислоти, насичений розчин борної кислоти, 5%- й розчин амоніаку, гліцерин, вазелін.

У разі виникнення пожежі необхідно:

– вимкнути рубильники електромережі, погасити газові пальники, спиртівки тощо;

– вжити заходів до локалізації пожежі – негайно прибрати і винести посуд з вогненебезпечними речовинами, балони з горючими газами;

– вивести потерпілих і одночасно приступити до гасіння пожежі – засипати полум'я піском, накрити мокрою ковдрою, залити великою кількістю води, якщо горюча речовина не спливає на поверхню.

☞ Категорично забороняється гасити водою полум'я ефіру, бензену, бензину, металічного натрію.

☞ Коли вогнище пожежі велике, для його гасіння слід застосовувати вогнегасник і обов'язково негайно сповістити пожежну службу.

У разі спалахування на людині одягу треба негайно накинути на неї мокрою ковдру, халат, пальто, тощо. Щоб припинити доступ повітря до палаючого одягу людини, на якій зайнявся одяг, ні в якому разі не можна

бігати по лабораторії, оскільки при цьому горіння одягу значно посилюється, бо розгорається полум'я.

У разі опіків вогнем потрібно:

– прикласти на обпечену частину тіла вату, змочену 96%-им етиловим спиртом;

– сильні опіки (поява на шкірі пухирів) слід змочувати етиловим спиртом або 4%-м розчином калій перманганату;

– у разі сильніших опіків (руйнування тканин) треба покрити рану стерильною пов'язкою і негайно відправити постраждалого у лікарню.

У разі опіків кислотами потрібно ретельно промити обпечене місце під сильним струменем води, а потім – 2%-м розчином гідрокарбонату натрію (содою).

У разі потрапляння на шкіру лугів ушкоджене місце потрібно промити водою, а потім – 1%-м розчином оцтової кислоти.

У разі потрапляння їдких лугів чи кислот в очі потрібно негайно промити їх великою кількістю води та, у випадку лугу – 1%-м розчином борної кислоти, а кислоти – 2%-м розчином карбонату натрію. Після надання першої допомоги потерпілому слід обов'язково звернутися до лікаря.

У разі потрапляння на шкіру бромю треба зняти його ватою, змоченою петролейним ефіром, спиртом або концентрованим розчином тіосульфату натрію (гідрогенсульфіту натрію), а після цього змастити місце вазеліном.

Фенол зі шкіри слід змивати спиртом.

У разі дрібних порізів склом слід виїняти осколки з рани, прикласти до рани вату, змочену концентрованим розчином хлориду феруму (III), і накласти пов'язку.

У разі глибоких порізів, особливо при порушенні великих кровоносних судин, треба накласти джгут, зробити тугу пов'язку і відправити потерпілого до лікарні.

У разі отруєння хлором або бромом слід потерпілого вивести на свіже повітря і давати вдихати етиловий спирт або слабкий розчин амоніаку.

Інструкції щодо правил роботи в лабораторії, правил техніки безпеки, ліквідації наслідків нещасних випадків і надання першої допомоги мають бути вивішені в лабораторії на видному місці.

План проведення лабораторних занять

Кількість годин: лекцій – 26
лабораторних – 24
екзамен

Мо- дуль	Кіль- кість годин	Тема заняття	Вид конт- ролю	Кількість балів	
				за МРС	одер- жана
I	2	Практичне заняття 1. Класифікація, номенклатура органічних сполук.			
	2	Лабораторна робота 1. Якісний елементний аналіз органічних речовин	Захист л/р	5	
	2	Практичне заняття 2. Добування і властивості насичених вуглеводнів			
	2	Практичне заняття 3. Добування і властивості ненасичених та ароматичних вуглеводнів			
	2	Лабораторна робота 2. Одержання та властивості ненасичених вуглеводнів Модульний контроль 1	Захист л/р	5 15	
II	2	Практичне заняття 3. Одно- та багатоатомні спирти			
	2	Лабораторна робота 3 Хімічні властивості одно і багатоатомних спиртів та фенолів	Захист л/р	5	
	2	Практичне заняття 3. Добування і властивості альдегідів, кетонів та карбонових кислот			
	2	Лабораторна робота 4 Добування і властивості альдегідів, кетонів, карбонових кислот та їх похідних	Захист л/р	5	
	2	Лабораторна робота 5 Хімічні властивості вищих жирних карбонових кислот, жирів та мила	Захист л/р	5	
III	2	Практичне заняття 5 Гетероцикли. Вуглеводи			
	2	Лабораторна робота 7 Хімічні властивості вуглеводів	Захист л/р	5	
		Модульний контроль 3.		10	
		Контрольна робота		20	
	24	Всього:		75	

Практична робота № 1

Класифікація, номенклатура органічних сполук.

1.1 Мета роботи: навчитись визначати належність органічних речовин до класів за функціональними групами та за будовою вуглецевого скелету; навчитись давати назву органічним сполукам за систематичною номенклатурою.

1.2 Теоретичні відомості

Найбільш стійкою і відносно малозмінною частиною складної органічної сполуки є вуглецевий ланцюг – вуглецевий скелет. В залежності від структури вуглецевого скелета усі органічні речовини класифікуються на ациклічні та циклічні (рисунок 1.1).

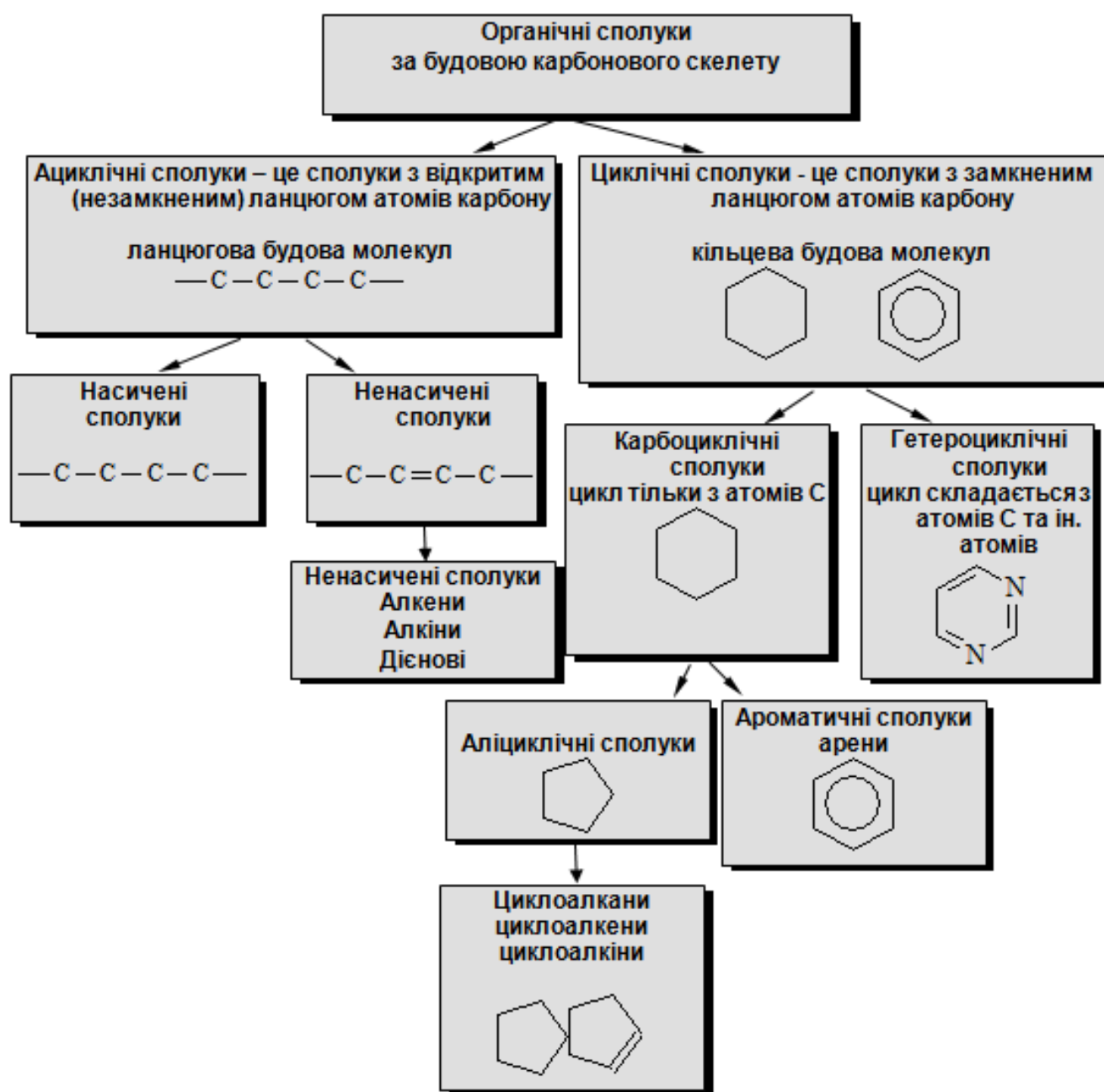
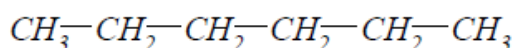


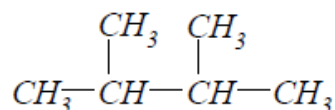
Рисунок 1.1 – Класифікація органічних сполук за будовою карбонового скелету

Ациклічні сполуки – сполуки з відкритим (незамкнутим) ланцюгом. Їх найпростішими представниками є аліфатичні вуглеводні, які містять тільки атоми Карбону та Гідрогену. Вони можуть бути насиченими (алкани) і ненасиченими (алкени, алкіни, алкадієни). Вуглецевий ланцюг може бути нерозгалуженим (наприклад, в н-гексані) і розгалуженим (наприклад, в 2,3-диметилбутані).

АЛКАНИ

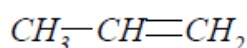


н-гексан



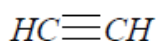
2,3-диметилбутан

АЛКЕНИ



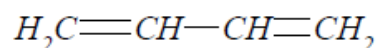
пропен

АЛКІНИ



етин (ацетилен)

АЛКАДІЄНИ

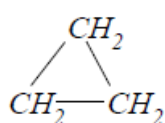


1,3-бутадієн

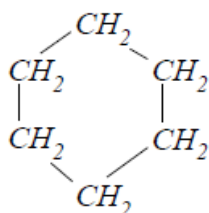
Циклічні сполуки – сполуки з замкнутим вуглецевим ланцюгом. В залежності від природи атомів, які складають цикл, циклічні сполуки поділяють на карбоциклічні та гетероциклічні.

Карбоциклічні сполуки в циклі містять тільки атоми Карбону і поділяються на дві істотно відмінні за хімічними властивостями групи: аліциклічні сполуки (циклоалкани), наприклад, циклопропан, циклогексан, та ароматичні сполуки (арени), наприклад бензен, нафтален.

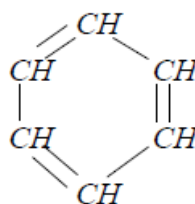
ЦИКЛОАЛКАНИ



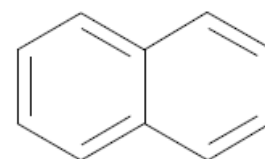
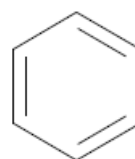
циклопропан



циклогексан



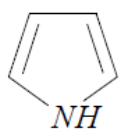
бензен (бензол)



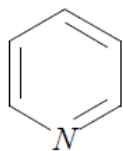
нафтален (нафталін)

АРЕНИ

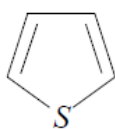
Гетероциклічні сполуки в циклі крім атомів Карбону містять один або кілька атомів інших елементів – гетероатомів: Оксиген, Нітроген, Сульфур та ін. Ці сполуки можуть мати як ароматичний (пірол, піридин, тіофен), так і неароматичний характер (етиленоксид, піролідин).

АРОМАТИЧНІ

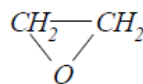
пірол



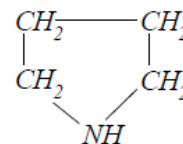
піридин



тіофен

НЕАРОМАТИЧНІ

етиленоксид



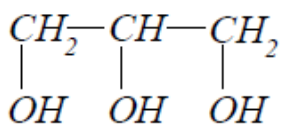
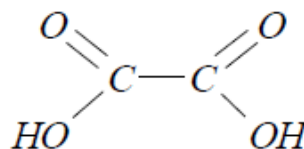
піролідин

При систематизації органічні сполуки поділяють на класи у відповідності до того, які функціональні групи містяться в молекулах.

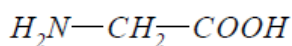
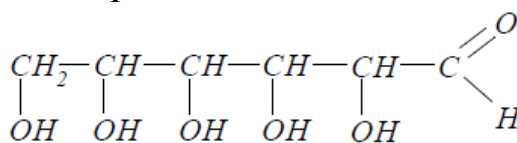
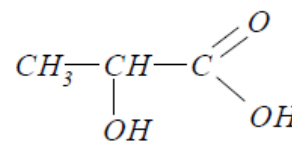
Функціональна група – атом або група атомів, які визначають належність сполуки до певного класу і відповідальні за її хімічні властивості.

Хімічні властивості даного класу органічних сполук визначаються як характером вуглецевого скелету, так і числом і характером функціональних груп.

Сполуки з декількома однаковими функціональними групами називаються поліфункціональними, наприклад:

гліцерол
(гліцерин)щавлева (оксалатна)
кислота

Сполуки з різними функціональними групами називають гетерофункціональними, наприклад:

гліцин
(амінокислота)гексоза
(полігідроксиальдегід)молочна кислота
(гідроксикислота)**Загальні положення про номенклатуру органічних сполук**

Номенклатура органічних сполук виникла практично з першими теоретичними поглядами на їх хімічну будову. Хімічна номенклатура – це сукупність правил назвоутворення окремих сполук та їх класів. Відомі три основні різновиди номенклатур для органічних сполук:

- 1) тривіальна,
- 2) раціональна,
- 3) систематична, або міжнародна (IUPAC).

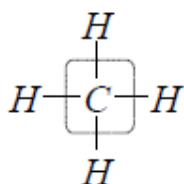
Тривіальна номенклатура. Тривіальні, або емпіричні назви органічних сполук були першими, які надавалися речовинам згідно з:

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

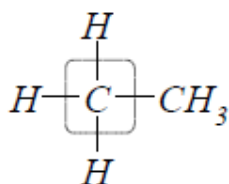
2) методами одержання (сірчаний ефір – етер, який одержували в присутності сульфатної кислоти; піровиноградна кислота, яку добували за допомогою піролізу тощо);

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

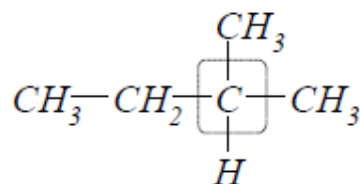
Раціональна номенклатура. Раціональна номенклатура (від лат. ratio – розум) враховує будову сполуки. В її основу покладено поділ органічних сполук на певні класи у вигляді гомологічних рядів. Так, за основу гомологічного ряду аліфатичних насичених вуглеводнів взято найпростіший їх представник – метан CH_4 , а інші розглядають як похідні метану, наприклад:



метан

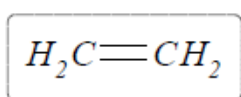


метилметан

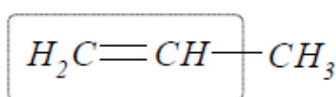


диметилетилметан

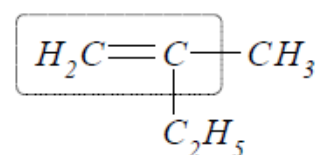
Для ненасичених сполук з подвійним зв'язком за основу взято етилен:



етилен



метилетилен



метилетилетилен

З наведених прикладів виходить, що раціональна номенклатура є по суті сучасним варіантом теорії типів. Для утворення назв складніших сполук раціональна номенклатура непридатна і тепер не рекомендована до використання, за винятком деяких назв: триметилоцтова кислота, дифеніл- і трифенілметан тощо.

Систематична номенклатура IUPAC (IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry – Міжнародна спілка чистої (теоретичної) і прикладної хімії). Основу назви органічної сполуки за цією номенклатурою складає назва головного вуглецевого ланцюга молекули. Він не завжди найдовший, але обов'язково містить найстаршу функціональну групу даної сполуки. Функціональні групи позначаються префіксами (приставками) або суфіксами. В таблиці 1.1 наведені основні функціональні групи в порядку зменшення їх старшинства і вказані відповідні їм префікси і суфікси. Функціональні групи слід вивчити і запам'ятати, щоб, поглянувши на структурну формулу речовини, можна

було одразу встановити, які функціональні групи присутні у цій речовині і до якого класу органічних сполук вона відноситься.

Основні правила міжнародної номенклатури.

Назва сполуки складається з префіксів, кореня та суфіксів.

Префіксами (таблиця 1.1) позначають назви усіх функціональних груп даної сполуки, які розташовують в алфавітному порядку, крім найстаршої, назву якої позначають суфіксом.

Корінь позначає назву головного вуглецевого ланцюга чи карбоциклічної або гетероциклічної структури.

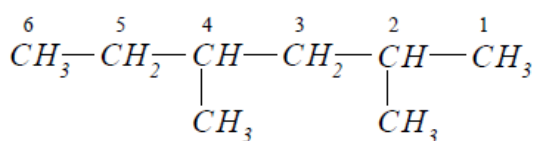
Суфіксами (таблиця 1.1) позначають ступінь насиченості головного ланцюга (-ан, -ен, -ин, -ін) і старшу функціональну групу. Отже, назва органічної сполуки складається за наступною схемою:

Префікси	Корінь	Суфікси
вказують українські назви усіх функціональних груп в алфавітному порядку (крім найстаршої)	вказує назву головного вуглецевого ланцюга чи карбоциклічної або гетероциклічної структури	вказують ступінь насиченості головного ланцюга (-ан, -ен, -ин, -ін) та назву старшої функціональної групи

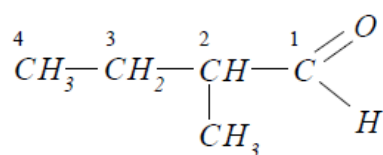
В головному ланцюгу нумерацію атомів Карбону починають з того боку, до якого ближче розміщена старша функціональна група, а якщо її немає, то циклі початок нумерації визначають гетероатомом.

Перед префіксами і після суфіксів відповідних функціональних груп і суфіксів ступеня насиченості ставлять цифри, які вказують положення груп і кратних зв'язків, які відділяють одна від одної комами, а від префіксів, суфіксів і назв груп – дефісом. Після суфіксів „-аль” або „-ова кислота” цифри, які вказують положення альдегідної або карбоксильної групи, не ставлять, так як з їх атома Карбону починається нумерація головного ланцюга.

Для однакових функціональних груп перед їх префіксами або суфіксами використовуються грецькі числівники: ди-, три-, тетра-, пента- та ін. При наявності в сполуці кількох однакових замісників біля одного і того ж атома Карбону цифра, що позначає місце цих замісників, повторюється в назві стільки ж разів, скільки є замісників, і вони ставляться перед відповідним грецьким числівником. Розглянемо складання назв органічних сполук за міжнародною номенклатурою на наступних прикладах:



2,4-диметилгексан



2-метилбутаналь


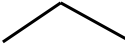
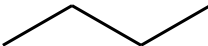
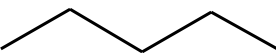
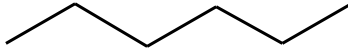
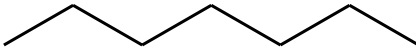
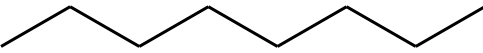
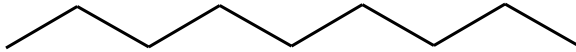

Таблиця 1.1 – Основні функціональні групи, які позначаються префіксами та суфіксами, в порядку зменшення їх старшинства

Назва класу сполуки та його загальна формула	Функціональна група	Префікс	Суфікс
Карбонові кислоти $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	Карбоксильна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	карбокси-	-карбонова кислота
Сульфонові кислоти $R-S \begin{matrix} \uparrow O \\ \downarrow O \\ \text{---} OH \end{matrix}$	Сульфокислотна $-S \begin{matrix} \uparrow O \\ \downarrow O \\ \text{---} OH \end{matrix}$	сульфо-	-сульфонова кислота
Солі карбонових кислот $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O^- \end{matrix}$	Карбоксилат $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O^- \end{matrix}$	-	-оат
Складні ефіри (естери) $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-R' \end{matrix}$	Алкілкарбоксилатна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-R' \end{matrix}$	карбоалкокси-	алкіл...оат
Аміди $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{matrix}$	Амідна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{matrix}$	карбомойл-	-амід
Нітрили $R-C \equiv N$	Нітрильна $-C \equiv N$	ціано-	-нітрил
Альдегіди $R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	Альдегідна $-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	оксо-	-аль
Кетони $R-C \begin{matrix} \text{---} R' \\ \parallel O \end{matrix}$	Карбонільна $-C \begin{matrix} \text{---} \\ \parallel O \end{matrix}$	оксо-	-он
Спирти $R-OH$	Гідрокси $-OH$	(гідр)окси-	-ол
Тіоли $R-SH$	Меркапто $-SH$	меркапто-	-тіол
Аміни $R-NH_2, NHR_2, NR_3$	$-NH_2, -NHR, -NR_2$	аміно-	-амін
Алкіни C_nH_{2n-2}	$-C \equiv C -$	-	-ин (-ін)
Алкени C_nH_{2n}	$-C = C -$	-	-ен
Алкани C_nH_{2n+2}	-	-	-ан

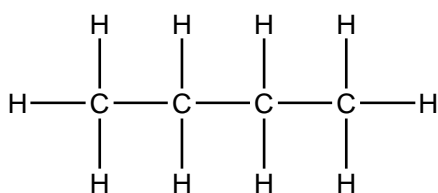
Алкани

Якщо розмістити н-алкани у ряд, в якому молекула кожного наступного алкану подовжується на одну групу CH_2 , то вийде ряд, що називають гомологічним рядом: перші члени ряду (C1-C4) мають тривіальні назви. Назви решта гомологів утворено від грецьких та латинських чисельників,

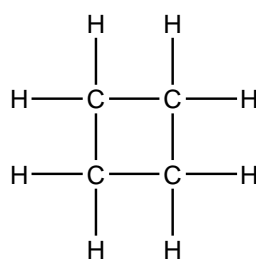
що відповідають числу атомів вуглецю в ланцюзі. Назви всіх алканів мають суфікс –ан. Справа наведено скорочене зображення формул.

CH_4	метан	
CH_3CH_3	етан	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	пропан	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	бутан	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	пентан	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	гексан	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	гептан	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	октан	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	нонан	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	декан	

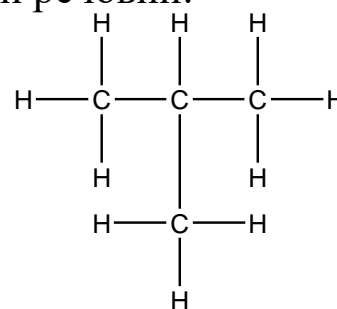
В органічній хімії застосовують структурні формули речовин:



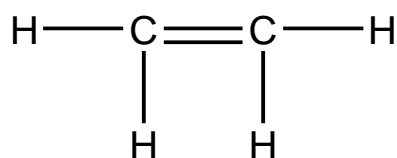
бутан



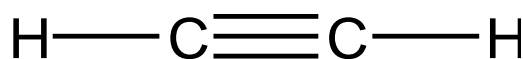
циклобутан



ізобутан



етилен



ацетилен

Якщо треба підкреслити нормальну будову ланцюга, перед назвою додають позначення н-: н-бутан, н-декан. Читають такі назви так: нормальний бутан, нормальний декан.

Алкільні радикали.

Загальна назва гомологічного ряду – алкіли:

Від кожного нормального алкану походить група (радикал, залишок) – алкіл – це залишок алкану, що утворився при відщепленні атома Гідрогену.

Алкіл може бути замісником водню в розгалужених алканах і, взагалі, в інших структурах. Назви алкілів утворюють шляхом заміни у назві алкану суфікса – ан на суфікс – ил (-іл):

CH_3 – метил

CH_3CH_2 -, C_2H_5 – етил

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$ -, C_3H_7 – пропіл

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2$ -, C_4H_9 – бутил

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2$ -, C_5H_{11} – пентил

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2$ -, C_6H_{13} – гексил тощо.

Назви деяких найпростіших алканів розгалуженої будови мають префікс *ізо-*, що додається до назви відповідного алкану нормальної будови (звертаємо увагу на те, що цей префікс пишуть разом з наступною частиною назви):

$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$ *ізобутан*

$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ *ізопентан*

$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ *ізогексан*.

Відповідно називають алкільні групи:

$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2$ – *ізобутил*

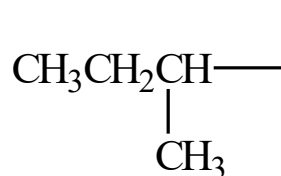
$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2$ – *ізопентил*

$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2$ – *ізогексил*.

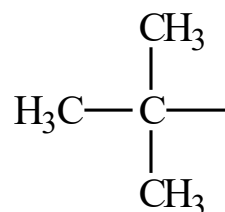
Є ще одна *ізо-* група, що не має відповідного *ізоалкану*:

$(\text{CH}_3)_2\text{CH}$ – *ізопропіл*. Відповідний алкан – пропан.

Часто зустрічаються також групи з префіксами *втор-* і *трет-* (їх пишуть курсивом і через дефіс), наприклад:



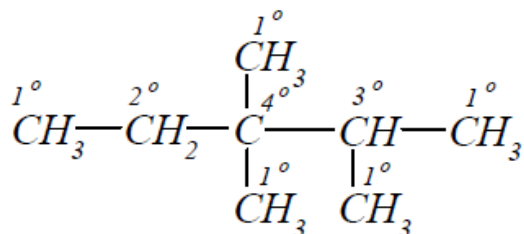
*втор-*бутил
(вторинний бутил),



*трет-*бутил
(третинний бутил).

Походження цих позначень впливає з того, що атом Карбону, зв'язаний ще з одним атомом Карбону, називають первинним, з двома – вторинним, з трьома – третинним, з чотирма – четвертинним.

Розрізняють первинні, вторинні, третинні і четвертинні атоми Карбону:



1° - первинний атом Карбону

2° - вторинний атом Карбону

3° - третинний атом Карбону

4° - четвертинний атом Карбону

Для найпростіших груп застосовуються скорочені символи, що можуть нагадувати символи хімічних елементів:

Me (метил), Et (етил), Pr (пропіл), i-Pr (ізопропіл), Bu (бутил), i-Bu (ізобутил), sec-Bu (втор-бутил), t-Bu (трет-бутил).

Побудова назви алкану розгалуженої будови складається з таких етапів:

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

Правила вибору головного ланцюга та його нумерації :

– головний ланцюг має бути найдовшим серед усіх можливих у даній структурі;

– головний ланцюг повинен мати як найбільше найпростіших відгалужень ;

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

Правила побудови назви розгалуженого алкану :

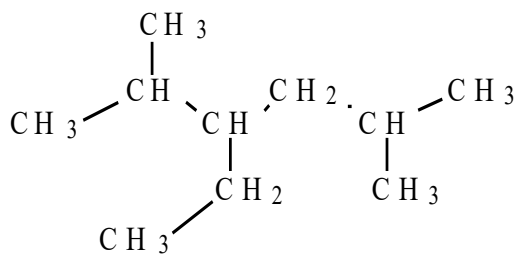
– головний ланцюг отримує назву нормального алкану з тим самим числом С-атомів;

– бічні відгалуження перелічуються перед назвою головного ланцюга в алфавітному порядку з відповідними локантами і, якщо потрібно, множними (ди-, три-, тетра- тощо) префіксами ;

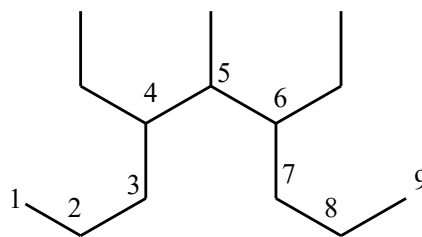
– при визначенні алфавітного порядку позначень бічних відгалужень множинні префікси не враховуються (тобто, скажімо, диметил, триметил, тетраметил тощо – як такі, що починаються з літери м) ;

– локанти розділяються між собою комами, а від словесних частин назви відокремлюються дефісом .

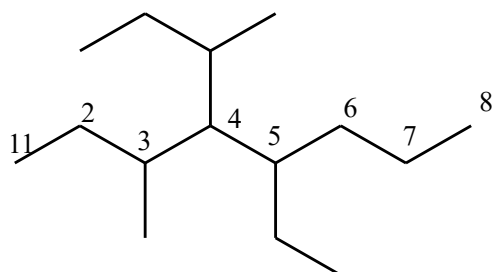
У наступних прикладах наведено вуглецеві скелети алканів:



3-етил-2,5-диметилгексан

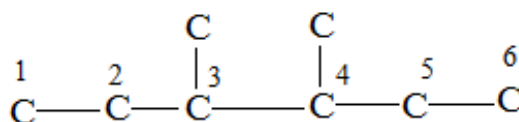
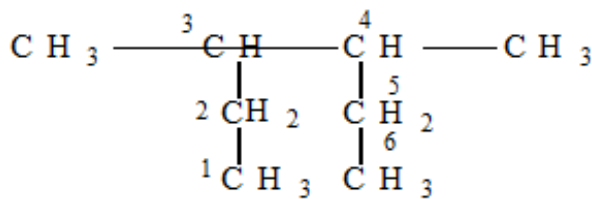
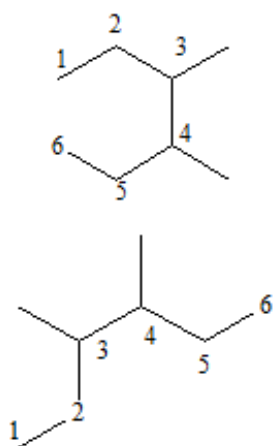


4,6-діетил-5-метилнонан



4-втор-бутил-5-етил-3-метилоктан

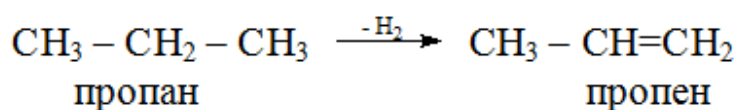
Вибір головного ланцюга ніяк не залежить від способу зображення формули. Важливо навчитися зіставляти між собою структури і бачити серед них принципово різні і тотожні, тобто абсолютно однакові по суті, хоча й по-різному записані структури, а це можливо лише практично. Нижче наведено приклади тотожних структур у вигляді їхніх скелетів:



Тотожні структури 3,4-диметилгексану.

Ненасичені вуглеводні

Алкени (олефіни) – вуглеводні з одним подвійним Карбон-Карбоновим зв'язком. Їх можна уявити як сполуки, що утворюються шляхом відняття двох атомів Гідрогену від сусідніх атомів Карбону (така реакція насправді існує):

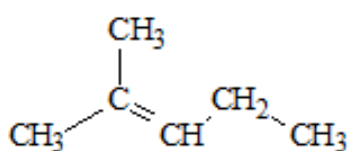


Алкадієни, або просто дієни – вуглеводні з двома подвійними зв'язками C=C, триєни – з трьома, а полієни містять кілька таких зв'язків.

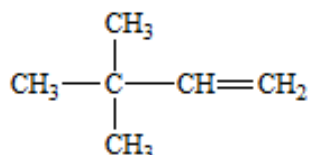
Назви алкенів, дієнів, трієнів тощо утворюються від назв алканів з такою самою довжиною вуглецевого ланцюга шляхом заміни суфікса –ан відповідно на –єн, -адієн, -атрієн і т. д.

У розгалужених ненасичених вуглеводнів вибір головного ланцюга і напрям нумерації визначається не його довжиною, а перед усім наявністю подвійних зв'язків. Положення подвійного зв'язку (зв'язків) позначається локантом. Це цифра, яка показує номер в атома Карбону, від якого починається подвійний зв'язок.

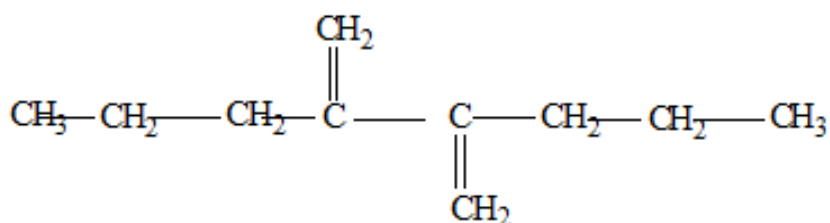
Локант подвійного зв'язку записується або перед коренем назви, або після нього або перед суфіксом. Бічні відгалуження отримують такі самі назви, як і у випадку алканів, але локанти – з урахуванням зазначеної особливості вибору напрямку нумерації. Група $\text{CH}_2=$ або $-\text{CH}_2-$ має назву метилен.



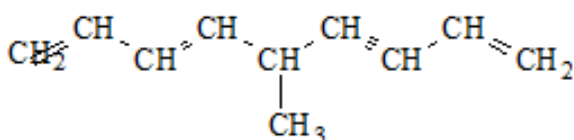
2-метил-2-пентен



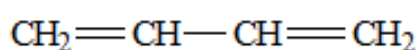
3,3-диметил-1-бутен



2,3-дипропіл-1,3-бутадиєн

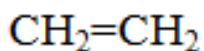


5-метил-1,3,6,8-нонатетраєн

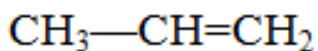


1,3 – бутадиєн

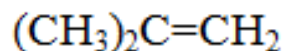
Для деяких найпростіших алкенів правилами ІУРАС залишено традиційні назви:



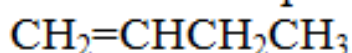
етилен



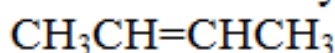
пропілен



ізобутилен

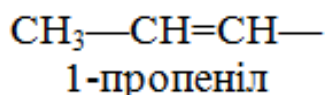
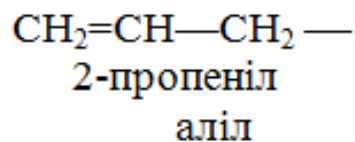
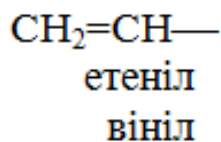


α -бутилен

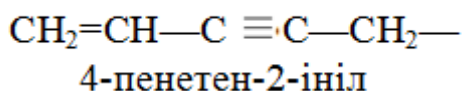
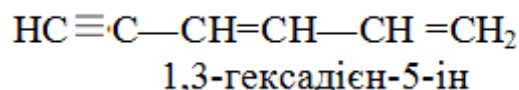
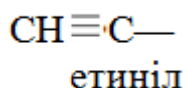
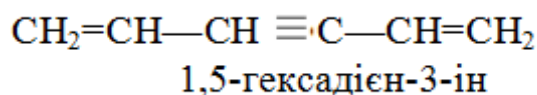
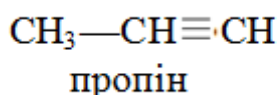


β -бутилен

Для груп, що походять від алкенів, назви утворюють у такий спосіб: суфікс –єн замінюють на –єніл. При цьому атом Карбону з вільною валентністю завжди отримує номер 1. Для деяких найпростіших груп збережено традиційні назви:



Алкінами (ацетиленами) називають ненасичені вуглеводні з потрійним Карбон-Карбоновим зв'язком. Їхні назви утворюються цілком аналогічно алкенам – шляхом заміни суфікса –ан у назвах алканів на суфікс –ин (після приголосних л, м, н, п пишемо –ін, після голосних –їн). При наявності в молекулі вуглеводню як подвійних, так і потрійних зв'язків, при визначенні напрямку нумерації перевага віддається подвійним зв'язкам, а локант потрійного зв'язку пишеться перед суфіксом –ин (-ін). Назви груп з потрійним зв'язком утворюють за тим самим принципом, що й для груп, похідних від алкенів. атом з вільним зв'язком завжди отримує номер 1.



Циклоалкани. Назви циклоалканів походять від систематичних назв аліфатичних вуглеводнів (алканів, алкенів, алкінів тощо) з тим самим числом атомів Карбону з додаванням префікса цикло-.



циклопропан



циклобутан



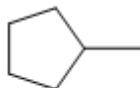
циклопентан



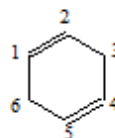
циклогексан



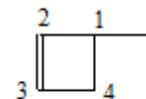
циклопропен



циклопентіл



1,4-циклогексадієн



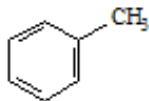
2-циклобутеніл

Ароматичні вуглеводні. Формулу бензену записують у вигляді правильного шестикутника з трьома кон'югованими подвійними зв'язками (формули Кекуле) або з колом посередині шестикутника. Бензоїдні вуглеводні складаються з кількох кілець бензену. Системи, в яких кільця мають два і більше спільних атомів Карбону, називають конденсованими.

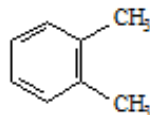
Групу C_6H_5 - без одного атома Карбону називають фенілом і скорочено позначають Ph. Загальна назва груп, що походять від ароматичних сполук і мають одну вільну валентність – арильні групи. За деякими простими гомологами і похідними бензену і арильними групами правилами IUPAC закріплено традиційні назви:



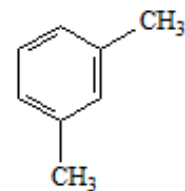
бензен



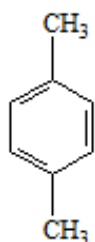
толуен



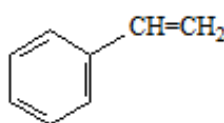
o-ксилен



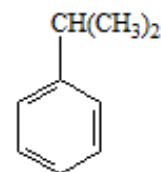
m-ксилен



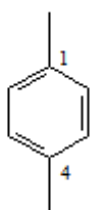
p-ксилен



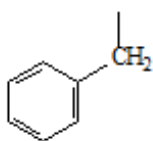
стирен



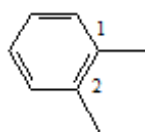
кумен



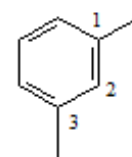
n-фенілен
1,4-фенілен



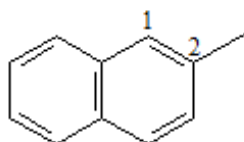
бензил



o-фенілен
1,2-фенілен



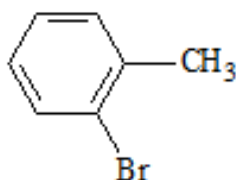
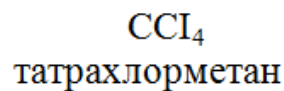
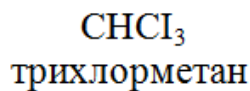
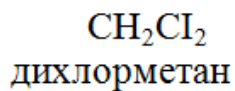
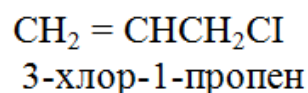
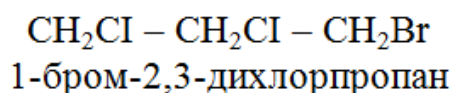
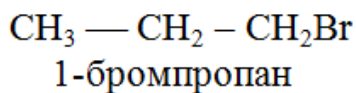
m-фенілен
1,3-фенілен



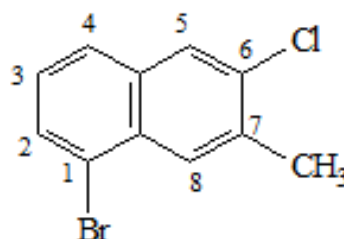
2-нафтіл
β-нафтіл

Органічні галогенпохідні. Сполуки, що утворюються з аліфатичних і ароматичних вуглеводнів шляхом заміщення одного атома Гідрогену на Флуор, Хлор, Бром або Іод, називають алкіл- або арилгалогенідами. При заміщенні кількох атомів Гідрогену утворюються полігалогеніди.

Алкілгалогеніди називають подібно до розгалужених вуглеводнів. При цьому використовують префікси флуор-, хлор-, бром-, іод-. Приклади:

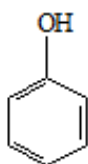
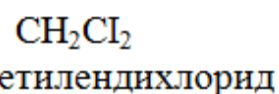
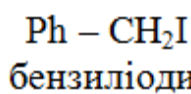
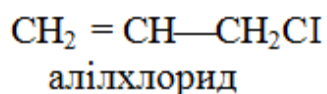
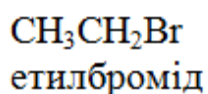


о-бромтолуен

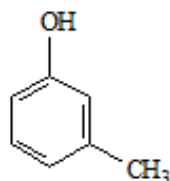


1-бром-7-метил-6-хлорнафтален

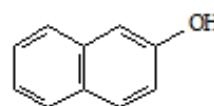
Є ще один традиційний шлях (не за правилами IUPAC) утворення назв найпростіших алкілгалогенідів (коли непотрібні локанти), схожий з назвоутворенням солей: до назви алкільного радикала додають назву галогену і суфікс –ид (-ід). Усі частини назви пишуть разом:



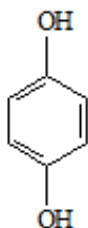
Фенол



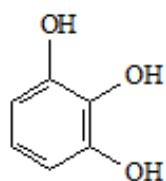
м-Крезол



2-Нафтол

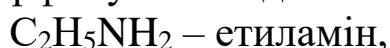


Гідрохінон



Пірогалол

Аміни – органічні основи, похідні амоніаку NH_3 . Один, два або всі три атоми Гідрогену можуть бути заміщені на алкільні або арильні групи. Ці сполуки називають відповідно амінами *первинними* $R\text{-NH}_2$, *вторинними* $R_2\text{NH}$ і *третинними* $R_3\text{N}$. Первинні аміни називають, додаючи морфему – амін до назви вуглеводневої групи R :



$C_6H_5NH_2$ – феніламін (традиційна назва – *анілін*) ,
 $C_6H_5CH_2CH_2NH_2$ – 2-фенілетиламін (традиційна назва β -фенілетиламін).

Вторинні і третинні аміни з однаковими вуглеводневими групами називають аналогічно , додаючи префікси ди- (ді-) і три- до назви відповідних груп; якщо приєднані до Нітрогену групи різні, то їх перелічують в алфавітному порядку:

$(C_8H_{17})_2NH$ – діоктиламін,
 $(C_6H_5)_2NH$ – дифеніламін ,
 $(C_4H_9)_3N$ – трибутиламін,
 $C_2H_5NHC_5H_{11}$ – етилпентиламін,
 $CH_3N(C_2H_5)C_3H_7$ – етилметилпропіламін.

Якщо аміногрупа входить до складу поліфункціональної сполуки, де є старші групи, то:

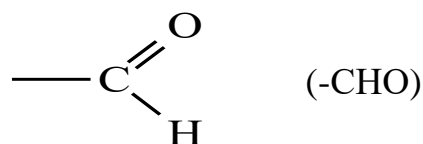
– групу $-NH_2$ указують префіксом аміно-,
– групу $-NH-$ або $=NH$ префіксом іміно-,
– групу $N \equiv$ префіксом нітрило- .

Аміни з двома аміногрупами $-NH_2$ називають *діамінами*, з трьома – *триамінами* тощо . Багато таких сполук мають традиційні назви , що широко застосовуються поряд із систематичними.

$H_2NCH_2CH_2OH$ – 2-аміноетанол, етаноламін
 H_2NCH_2COOH – аміноетанова кислота, амінооцтова кислота,
гліцин
 $CH_3CH(NH_2)COOH$ – 2-амінопропанова кислота, α -аланін
 $(HOOC-CH_2)_2NH$ – імінодіетанова кислота, імінодіоцтова
кислота
 $(HOOC-CH_2)_3N$ – нітрлотриетанова кислота,
нітрлотриоцтова кислота
 $HN_2(CH_2)_4NH_2$ – 1,4-бутандіамін тетраметилендіамін,
путресцин
 $H_2N(CH_2)_6NH_2$ – 1,6-гександіамін, гексаметилендіамін

Атом Нітрогену може входити до складу циклу. тоді маємо гетероциклічні аміни. Якщо цикл ароматичний, амін належить до ароматичного ряду.

Альдегіди і кетони. Функціональна група, спільна для альдегідів і кетонів, називається карбонільною групою $C=O$. В альдегідах вона міститься на кінці вуглецевого ланцюга, тобто сполучена принаймні з одним атомом Гідрогену і має структуру



У кетонів вона стоїть у середині вуглецевого ланцюга, її записують



Найпростіший з альдегідів має формулу Н-СНО, найпростіший з кетонів СН₃-СО-СН₃.

За правилами IUPAC *назви альдегідів* утворюють, додаючи суфікс – *аль* до назви відповідного вуглеводню з найдовшим вуглецевим ланцюгом, включаючи карбонільну групу. Отже, НСНО – метаналь. Його стара назва – формальдегід. Наступний гомолог СН₃СНО-етаналь, старі назви – оцтовий альдегід або ацетальдегід, С₆Н₅СНО має традиційну назву – бензальдегід або бензойний альдегід.

Назви кетонів за правилами IUPAC отримують, нумеруючи вуглецевий ланцюг з кінця, до якого ближче карбонільна група і додаючи до назви вуглеводню суфікс –*он*, а також локант, що вказує місце карбонілу. Карбонільна група вважається старшою за гідроксигрупу, тому при наявності у молекулі їх обох гідроксигрупа вказується префіксом гідрокси-, альдегідна група – суфіксом –*аль*, а кетогрупа – суфіксом –*он* або префіксом –*оксо-*.

Карбонові кислоти. Карбонові (жирні) кислоти мають карбоксильну функціональну групу –СООН, або –СО₂Н.

Найпростіша карбонова кислота НСООН – метанова (традиційні назви – мурашина кислота, форміатна кислота). Наступний гомолог СН₃СООН –етанова кислота (оцтова кислота, ацетатна кислота). У систематичній назві суфікс –*ова* і слово *кислота* додають до назви вуглеводню з тим самим числом вуглецевих атомів, що у молекулі кислоти. За наявності двох карбоксильних груп застосовується суфікс –*діова* і слово *кислота*.

У випадку циклічних карбонових кислот використовується інший суфікс – карбонова кислота. Зберігаються деякі традиційні назви, що походять від назв аніонів кислот (НСООН- форміатна кислота, СН₃СООН –ацетатна кислота, НООС–СООН –оксалатна кислота тощо).

Карбоксильна група вважається старшою за карбонільну. Тому при наявності цієї та інших функціональних груп їхні позначення з відповідними локантами виносяться до префіксної частини назви.

Естери (старий термін – складні ефіри) карбонових кислот R-COOR' називають подібно до солей: спочатку йде назва вуглеводневого залишку спирту (або фенолу) R', потім без проміжку назва кислотного залишку. Допускається також побудова назв естерів за типом « (алкіловий) естер (даної) кислоти». Групи -COOR та -OCOR як замісники мають назви алкоксикарбоніл- та ацилокси-. Група CH₃COO- називається ацетокси-.

CH₃COOEt – етилетаноат, етиловий естер оцтової кислоти (старі назви – етилацетат, етиловий ефір оцтової кислоти)

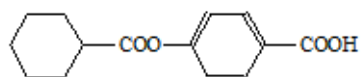
C₆H₅COO-*n*-Bu – *n*-бутилбензоат (стара назва – *n*-бутиловий ефір бензойної кислоти).

C₂P₅COOPh – фенілпропаноат (старі назви – фенілпропіонат, феніловий ефір пропіонової кислоти)

CH₃(CH₂)₅COONa – натрій гептаноат
 CH₃C(OCH₃)₃ – триметилортоацетат

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COONa} \\ | \\ \text{CH}_2\text{COONa} \end{array}$$
 динатрій сукцинат

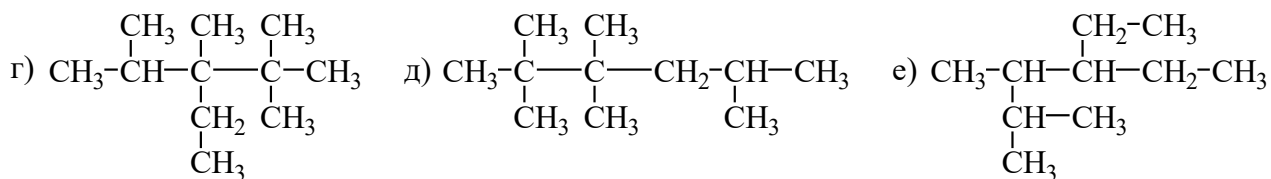
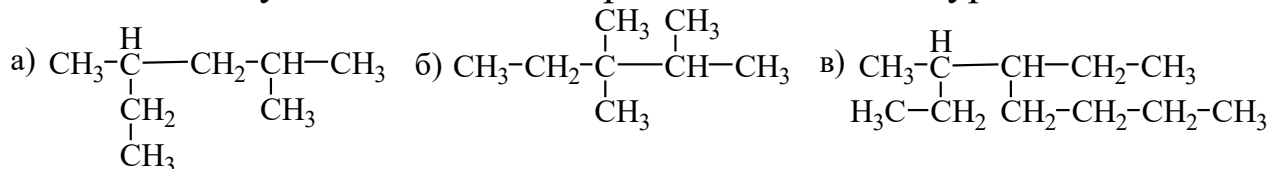
$$\begin{array}{c} \text{NNH}_2 \\ // \\ \text{C}_6\text{H}_5\text{C} \\ \backslash \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$$
 етилбензогідразонат


n-(циклогексилкарбонілокси)-бензойна кислота

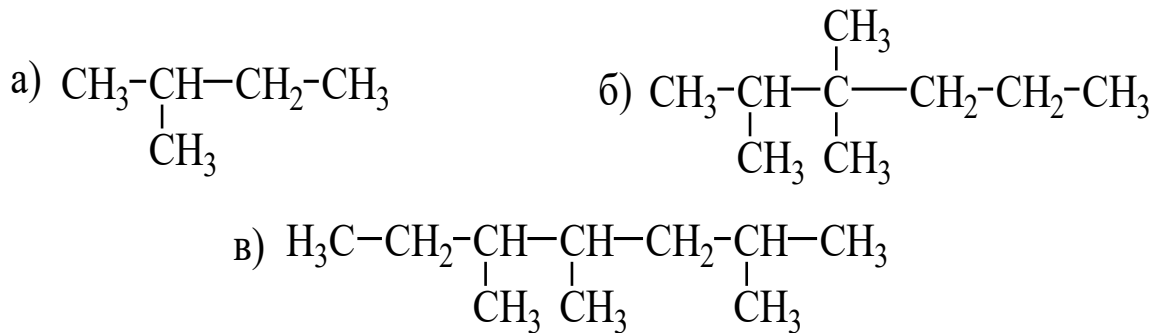
1.3 Практична частина

1 Наведіть молекулярні і структурні формули метану, етану, пропану, бутану та ізобутану. Відмітьте первинні, вторинні і третинні атоми Карбону. Утворіть від цих вуглеводнів усі можливі одновалентні радикали (алкіли). Назвіть їх.

2. Назвіть вуглеводні за міжнародною номенклатурою:



3. Назвіть сполуки за міжнародною номенклатурою:



4. Напишіть структурні формули сполук: а) 2,3,4-триметилпентан; б) 3,3-диметилгексан; в) 2,4-диметил-3-етилпентан; г) 2,2,3,3-тетраметилгексан.

У завданнях 5-13 напишіть структурну формулу алканів:

5. а) 2,3,4-триметилпентан; б) 3-етил-2,4-диметилпентан.

6. а) 4-етил-2-метилпентан; б) 3-ізопропіл-2-метилгексан.

7. а) 2,2,3,3-тетраметилгексан;

б) 4-ізопропіл-3,5,5-триметилгексан.

8. а) 2,3-диетилгептан; б) 3-ізопропіл-2,3-диметилгексан

9. а) 2,2,3-триметил-3-етилгексан; б) 2,4-диметил-3-етилпентан.

10. а) 2,3,4-триметилгексан; б) 3-ізопропіл-2-метилпентан.

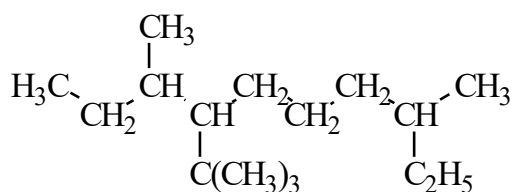
11. а) 2,2,4-триметилпентан, б) 2,2,3,5-тетраметилгексан.

12. а) 3,3,4-триметилпентан, б) 3-етил-2,3,5-триметилгексан.

13. а) 3-ізопропілгептан; б) 4-етил-2,4,5-триметилгептан.

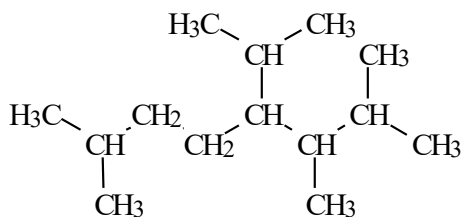
12. Знайдіть відповідність наведених формул їх назвам за ІЮПАК номенклатурою:

а)



1. 3-ізопропіл -2-метил-гептан

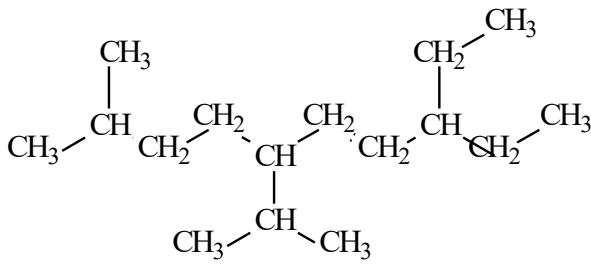
б)



2. 3,8-диметил-4-третбутилдекан

в)

3. 4-ізопропіл- 2,3,7-триметилоктан

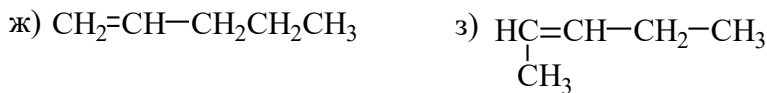
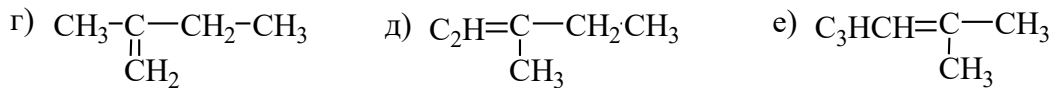
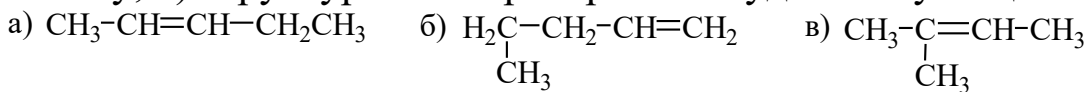


г)

4. 8-етил -5-ізопропіл- 2-метилдекан

5. 2,5-диметил-3,4-діетилнонан

13. Назвіть наведені нижче алкени. Відмітьте серед них: а) ідентичні; б) структурні ізомери, що відрізняються лише положенням подвійного зв'язку; в) структурні ізомери з різною будовою вуглецевого скелету:



У завданнях 14-16 наведіть формули названих алкенів:

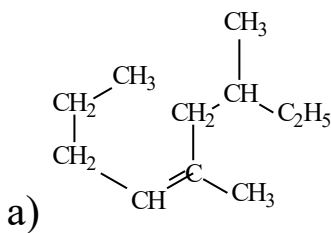
14. а) 2,3-диметилпент-2-ен; б) 2,6,6-триметилгепт-3-ен;

15. а) 2,2,5,5,-тетраметил-3-гексен; б) 3,4-діетил 2-метил -3-гептен;

16. а) 4-етил -2,3,5-триметил-3-гептен; б) 3,4-диметил-3-гексен

17. Напишіть структурні формули наступних сполук: а) 3-метилпент-1-ен; б) 4-метилпент-1-ен; в) 2,4-диметилпент-1-ен; г) 3-етилпент-2-ен; д) 2,3-диметилгекс-3-ен; е) 3,4,4-триметилпент-2-ен.

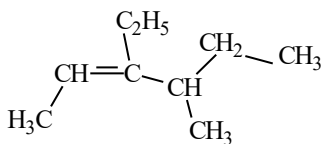
18. Знайдіть відповідність наведених формул їх назвам за ІЮПАК номенклатурою:



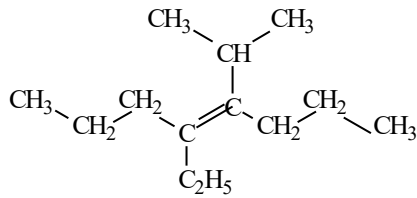
1. 2,5-диметил-3-пропіл-2-гексен

2. 2,3,8,9-тетраметил-3-декен

3. 4-етил-5-ізопропіл-4-октен

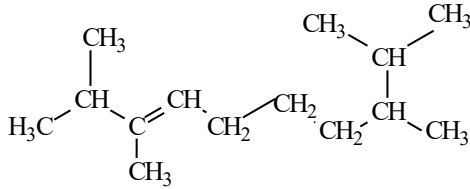


б)



4. 3-етил-4-метил-2-гексен

в)



5. 5,7-диметил-4-нонен

г)

19. Напишіть структурні формули алкінов та назвіть їх за національною номенклатурою:

- а) пент-1-ин;
- б) гекс-2-ин;
- в) 4-метілпент-2-ин;
- г) 2,5-диметілгепт-3-ин;
- д) гекса-1,5-дієн-3-ин.

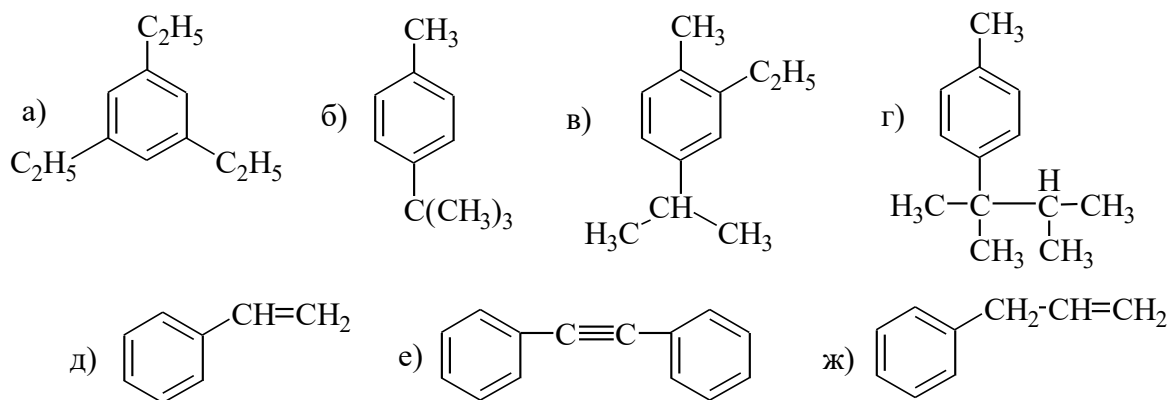
20. Напишіть структурні формули наступних алкінів:

- а) бут-2-ин;
- б) 2-метилгекс-3-ин;
- в) 4-метилпент-2-ин;
- г) 2,5-диметилгексин-3;
- д) 3,3-диметилбут-1-ин;
- е) 4-метил-3-етилпентин-1
- ж) 5-йодо-5-метил-1-гексину.

21. Напишіть та назвіть ацетиленові вуглеводні, які ізомерні наведеним нижче дієнам та мають однаковий вуглецевий скелет:

- а) бута-1,3-дієн;
- б) 2-метилбута-1,3-дієн;
- в) 3,3-диметилпента-1,4-дієн;
- г) 2,3-диметилпента-1,3-дієн;
- д) 2,3-диметилбута-1,3-дієн.

22. Назвіть наступні ароматичні сполуки:



Лабораторна робота № 1

Якісний елементний аналіз органічних речовин

1.1 Мета: визначення елементів, які входять до складу органічних речовин

Установки, прилади, лабораторний посуд, реактиви: цукор; крохмаль; сечовина; сульфанілова кислота; нітропрусид натрію; ацетат натрію; оцтова кислота; етиловий спирт; хлороформ; фільтрувальний папір; мідна спіраль із тонкого дроту

1.2 Теоретичні відомості

Найпростішими органічними сполуками вважають вуглеводні, до складу яких входять тільки атоми Карбону та Гідрогену.

За співвідношенням в них Карбону і Гідрогену їх поділяють на насичені та ненасичені вуглеводні, що мають подвійні та потрійні зв'язки.

Крім цих елементів до складу органічних сполук можуть входити Нітроген, Сульфур, Оксиген та ін.

1.3 Експериментальна частина

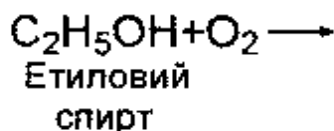
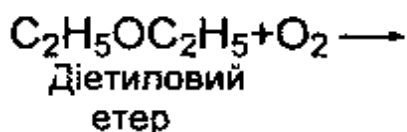
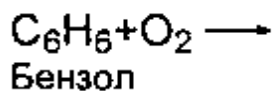
Дослід 1.3.1. Горіння органічних речовин. Порівняння горіння бензену, етеру і спирту.

На керамічні плитки ставлять у ряд три фарфорові чашки. До першої з них наливають 4 краплі бензену, до другої та третьої – таку саму кількість відповідно діетилового ефіру та етилового спирту. Органічні речовини підпалюють запаленою скалкою. Спостерігають: бензен горить кіптявим, ефір – менш кіптявим, а спирт – ледве помітним голубуватим полум'ям без кіптяви.

Горіння речовин – перша ознака того, що вони органічні. Отже, бензен, етер, спирт є органічними речовинами.

Характер полум'я, яким горить речовина, залежить від вмісту в ній Карбону. Якщо вміст Карбону високий, то під час горіння одна частина його окиснюється, а інша вивільнюється в аморфному вигляді, тобто у вигляді кіптяви (сажі).

Обчисліть масову частку Карбону в молекулах даних органічних речовин. Допишіть рівняння реакцій:



Дослід 1.3.2. Виявлення Карбону пробою на обвуглювання

Дослід потрібно проводити у витяжній шафі.

1. На кінчику скальпеля розміщують кілька кристаликів глюкози (або цукру) й обережно нагрівають їх у полум'ї спиртівки або газового пальника. Спостерігають, як глюкоза спочатку плавиться, потім темніє, займається і згоряє. На скальпелі залишається обвуглена маса чорного кольору – Карбон.

2. На кінчику скальпеля розміщують крупинку казеїну і обережно нагрівають у полум'ї. Казеїн спучується, обвуглюється, займається і згоряє. На кінчику скальпеля залишається чорна маса – Карбон. Під час горіння казеїну відчувається запах паленого волосся. Зробіть висновок з проведеного досліді.

На фільтрувальному папері за допомогою піпетки, в якій міститься розчин сульфатної кислоти роблять напис. Після висихання розчину напис стає невидимим. Потім фільтрувальний папір обережно нагрівають над електричною плиткою. Спостерігають, як ділянка паперу, змочена розчином кислоти, обвуглюється і напис проявляється. Зробіть висновок з проведеного досліді.

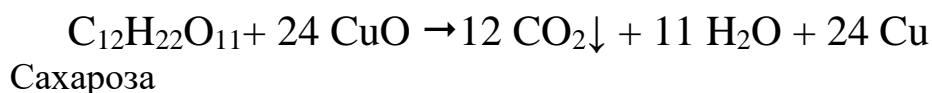
Дослід 1.3.3. Виявлення Карбону і Гідрогену окисненням речовини купрум(II) оксидом

Для виявлення Карбону й Гідрогену досліджувану органічну речовину нагрівають у пробірці з сухим купрум(II) оксидом. При цьому з Карбону органічної речовини й Оксигену купрум(II) оксиду утворюється карбон(IV) оксид, а з Гідрогену органічної речовини й Оксигену купрум(II) оксиду – вода. Купрум(II) оксид при цьому відновлюється до металічної міді.

У суху пробірку вносять добре перемішану суміш приблизно 2 г сухого порошкоподібного купрум(II) оксиду і 0,2 г розтертої органічної речовини (цукор, крохмаль, бензенова кислота, нафтален, сечовина тощо). Пробірку закріплюють у затискачі штатива майже в горизонтальному положенні так,

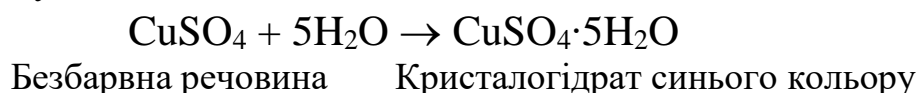
щоб її верхній кінець із пробкою був трохи вище нижнього. У верхню частину пробірки кладуть шматочок свіжопрожареного (безбарвного) купрум(II) сульфату і щільно закривають пробкою з газовідвідною трубкою. Кінець газовідвідної трубки вставляють у другу пробірку, куди попередньо наливають 4-5 см³ вапняної або баритової води.

Пробірку із сумішшю спочатку обережно нагрівають на невеликому полум'ї пальника, а потім нагрівають її нижню частину з досліджуваною речовиною. Під час нагрівання органічна речовина розкладається. Карбон з'єднується з Оксигеном купрум(II) оксиду й утворює карбон(IV) оксид, а Гідроген – воду:

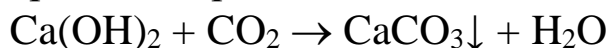


Аналіз одержаних результатів.

Поява крапель води на стінках пробірки або газовідвідної трубки, а також посиніння купрум(II) сульфату свідчить про наявність в органічній сполуці Гідрогену:



Помутніння вапняної або баритової води від карбон(IV) оксиду означає наявність Карбону в органічній речовині:



Намалювати схему приладу і записати всі реакції, що протікають

Дослід 1.3.4. Виявлення Нітрогену в складі органічних речовин.

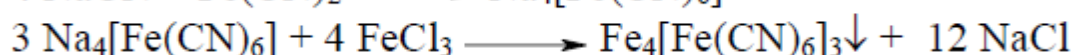
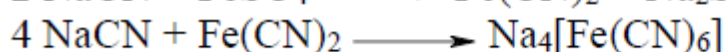
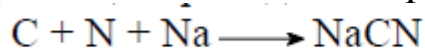
А. Сплавлення речовини з металічним натрієм .

Принцип методу полягає в тому, що органічні нітрогенвмісні речовини під час сплавлення з металічним натрієм утворюють натрій ціанід. До складу NaCN переходять з досліджуваної речовини два елементи – Карбон і Гідроген. Схематично реакцію можна зобразити так:



Нітрогенвмісна органічна речовина

Натрій ціанід, який утворився, відкривають звичайно, а саме перетворенням його в синю берлінську блакить:



Перед початком виконання досліду необхідно ознайомитися з технікою безпеки під час роботи з металічним натрієм.

Для відкриття Нітрогену до сухої маленької пробірки поміщають 25...30 мг досліджуваної речовини, наприклад сечовини, і до неї додають невеликий кусочок (величиною як чвертка горошини) очищеного від натрій оксиду металічного натрію. Суміш у пробірці обережно нагрівають у полум'ї пальника або спиртівки. (Витяжна шафа! Захисний щиток або захисні окуляри! Отвір пробірки напрямлений від себе та інших!)

Коли сечовина розплавиться, необхідно простежити, щоб вона змішалася з натрієм. При цьому спостерігається спалахування. Реакційну суміш продовжують нагрівати до червоного розжарювання ще 1-2 хв. Після сплавлення, коли пробірка охолоне, до неї додають 5 крапель етилового спирту (щоб із ним прореагували залишки натрію). Переконавшись, що залишок натрію провзаємодіяв зі спиртом (припиняються виділятися пухирці газу (водню)), у пробірку додають 2 мл води і нагрівають її до розчинення сплаву, перемішуючи вміст пробірки скляною паличкою. Одержаний безбарвний розчин переливають в іншу пробірку (у разі необхідності його фільтрують через маленький складчастий фільтр). Якщо органічна речовина зруйнується не повністю, то розчин матиме бурий або чорний колір. У цьому разі плавлення досліджуваної речовини з натрієм повторюють.

До фільтрату додають 2-3 краплі 5%-го розчину ферум(II) сульфату і краплю 1%-го розчину ферум(III) хлориду. Випадають осаді гідроксидів феруму (II) і (III). Суміш у пробірці добре перемішують скляною паличкою, а потім підкислюють 10%-м розчином хлоридної кислоти. Осад суміші гідроксидів феруму (II) і (III) розчиняється і з'являється синє забарвлення (берлінська блакить). Через деякий час у пробірці випадає осад синього кольору.

Б. Нагрівання речовини з натронним вапном

Деякі нітрогеновмісні органічні речовини, наприклад амідни, аміни, білки, під час нагрівання з натронним вапном утворюють амоніак, який можна виявити змоченим водою червоним лакмусовим папірцем.

Досліджувану органічну речовину в кількості 0,8 г розтирають у ступці з 1 г свіжопрожареного натронного вапна. Одержану суміш речовин насипають у пробірку, вертикально закріплену в штативі, і обережно нагрівають її в полум'ї спиртівки. До отвору пробірки підносять на скляній паличці змочений водою червоний лакмусовий папірець, який через деякий час синіє за рахунок амоніаку, що виділяється з реакційної суміші. Аналогічний дослід проводять із пір'ям або шерстю. Що спостерігаєте в процесі досліду і який висновок можна зробити?

Дослід 1.3.5. Виявлення Сульфуру в органічній речовині

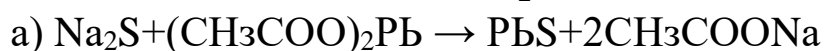
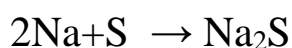
Дослід проводять під витяжною шафою.

Сульфур в органічній речовині виявляють так само, як Нітроген. Спочатку речовину сплавають з металічним натрієм, який відщеплює від неї Сульфур і утворює натрій сульфід Na_2S . Потім виявляють сульфід-іон (S) звичайними якісними реакціями,

У суху пробірку вносять кілька кристалів тіосечовини (або іншої сульфурвмісної речовини) і кусочок металічного натрію з блискучою поверхнею величиною з четверту частину горошини. Сплавляння виконують так, як це описано в досліді 1.3.4. (Витяжна шафа!)

Розчин, який містить натрій сульфід, поділяють на дві частини. Одну частину розчину підкислюють оцтовою кислотою, а потім додають до нього 5...6 крапель 2%-го розчину плюмбум ацетату. Реакційна суміш забарвлюється в бурій або чорний колір, іноді випадає чорний осад PbS .

До іншої частини розчину додають 5-6 крапель 2%-го розчину натрій нітропрусиду. З'являється інтенсивне червоно-фіолетове забарвлення, яке поступово переходить у буре, зумовлене утворенням комплексної солі

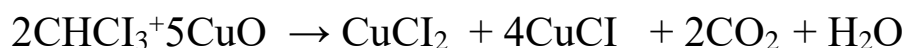


Дослід 1.3.6. Виявлення галогенів

А. Виявлення галогенів за забарвленням полум'я (проба Бельштейна)

Галогени в органічних речовинах найпростіше відкрити спалюванням цих речовин на мідній дротинці в полум'ї пальника або спиртівки. При цьому Карбон перетворюється в карбон(IV) оксид, Гідроген – у воду, а галогени (крім флуору) утворюють із міддю леткі галогеніди, які забарвлюють полум'я в яскраво-зелений колір. Реакція дуже чутлива.

Беруть мідну дротинку і, тримаючи за корок, прожарюють у полум'ї пальника або спиртівки до зникнення стороннього забарвлення (ознака відсутності забруднення мідної петлі). Петлю, яка охолола і покрилася чорним купрум(II) оксидом, змочують досліджуваною речовиною, наприклад хлороформом, і знову вносять у полум'я. Спостерігають, як спочатку полум'я стає світлим (згоряє Карбон), а потім з'являється інтенсивне зелене забарвлення внаслідок утворення легкої сполуки купруму з хлором,



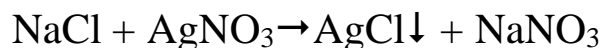
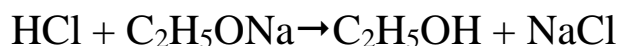
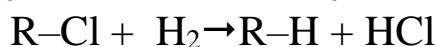
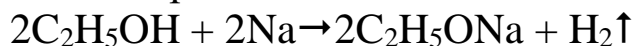
Аналогічні дослідження проведіть із бромбенzenом (або дибромметаном) і йодоформом. Перевірте, чи так само забарвлюються

інші галогеновмісні органічні речовини. Слід пам'ятати, що після досліду мідну дротинку для очищення потрібно змочити хлоридною кислотою і знову прожарити до зникнення забарвлення.

Б. Метод Степанова. Суть методу полягає в тому, що реакцію утворення нерозчинних срібних солей гідрогенгалогенідних кислот за умови дії нітрату аргентуму безпосередньо не можна використати для визначення галогену в органічних сполуках, оскільки вони не дисоціюють на іони і в розчині відсутні іони галогену. Потрібно спочатку перевести галоген у неорганічну сполуку, а потім діяти на останню нітратом аргентуму.

У пробірку вносять 3 см³ хлороформу, 5 см³ етилового спирту і збовтують. Потім додають шматочок натрію завбільшки із сірникову голівку. Суміш у пробірці починає бурхливо реагувати. Пробірку занурюють у холодну воду для охолодження. Після закінчення виділення бульбашок водню до суміші приливають 3-4 краплі дистильованої води (будьте обачні за наявності у пробірці натрію!) і добавляють розбавлену нітратну кислоту до кислої реакції. Потім додають 2-3 краплі розчину аргентум нітрату – випадає білий осад аргентум хлориду.

Весь процес проходить за рівнянням:



1.4. Запитання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте якісний та кількісний аналіз органічних сполук.
2. Чому прокалений купрум сульфат набуває синього забарвлення при визначенні наявності в органічній сполуці Гідрогену?
3. Що таке берлінська лазур?
4. В чому суть метода Степанова для визначення галогенів?
5. За якою методикою визначають наявність Нітрогену в органічних сполуках?
6. За якою методикою визначають наявність Сульфуру в органічних сполуках?
7. За якою методикою визначають наявність галогенів в органічних сполуках?

Практичне заняття №2

Добування і властивості насичених вуглеводнів

2.1. Мета: Вивчити хімічні властивості та способи добування вуглеводнів

2.2. Теоретичні відомості

Добування і властивості насичених, ненасичених і ароматичних вуглеводнів

Найпростішими органічними сполуками є вуглеводні, до складу яких входять тільки атоми Карбону та Гідрогену.

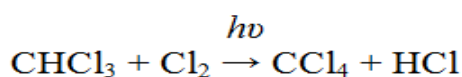
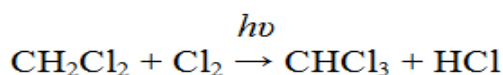
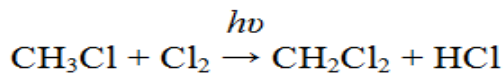
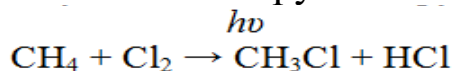
За співвідношенням в них Карбону і Гідрогену їх поділяють на насичені та ненасичені вуглеводні, що мають подвійні та потрійні зв'язки.

Загальна формула насичених вуглеводнів (алканів) C_nH_{2n+2}

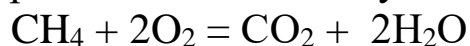
До них відносяться: CH_4 ($n=1$); C_2H_6 ($n=2$) та інші.

Для метану, як і інших насичених вуглеводнів, типовими є реакції заміщення, при яких атоми Гідрогену заміщаються атомами інших елементів або групами атомів.

Характерною для метану є реакція з хлором, яка відбувається під впливом розсіяного світла. При цьому атоми Гідрогену в молекулі метану послідовно заміщуються атомами Хлору



З повітрям метан утворює вогнебезпечну вибухову суміш.



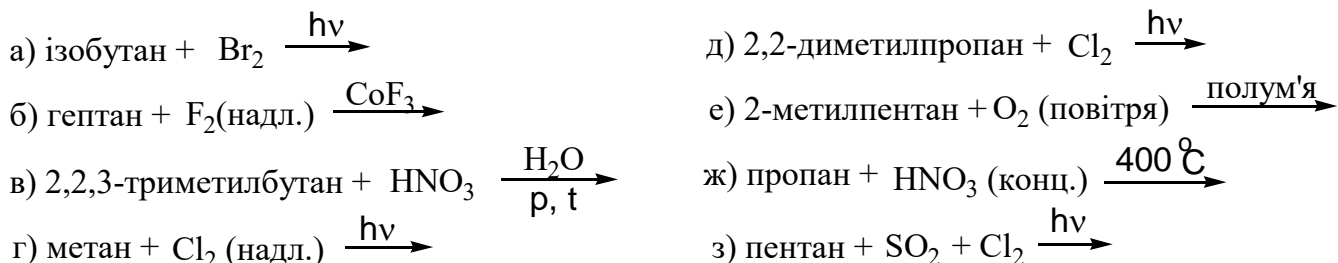
2.3. Практична частина

1. Напишіть реакцію монохлорування 2-метилбутану. Опишіть окремі стадії вільнорадикального ланцюгового процесу.

2. З якими із наведених сполук реагує н-бутан за вказаних умов? Напишіть ці реакції: а) I_2 , освітлення, $20^\circ C$; б) HNO_3 (конц.), $20^\circ C$; в) Na , $20^\circ C$; г) Br_2 , у темряві, $20^\circ C$; д) Br_2 , освітлення, $20^\circ C$; е) $KMnO_4$, H_2O , $20^\circ C$; ж) HNO_3 (розвед.), $140^\circ C$, тиск; з) O_2 , полум'я; і) HBr ;

3. Напишіть реакцію М.І.Коновалова для наступних вуглеводнів: а) етану; б) н-пентану; в) 2-метилбутану. У яких умовах перебігає реакція?

4. Напишіть рівняння реакцій і назвіть продукти, що утворюються:

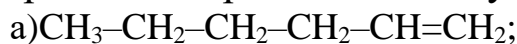


5. Напишіть структурні формули всіх ізомерів вуглеводню складу C₈H₁₈ і назвіть їх за систематичною номенклатурою, вкажіть вуглеводні, що містять вторинні і третинні атоми Карбону.

6. Одержайте реакцією Вюрца наступні вуглеводні: а) 2,6-диметилгептан; б) 2,8-диметилнонан; в) 3,4-диметилгексан. В яких випадках утворюється суміш вуглеводнів?

7. Які первинні галогеналкіли при взаємодії з металічним натрієм можуть утворювати лише вуглеводні наступної будови: а) 2,5-диметилгексан, б) 2,7-диметилоктан; в) 3,8-диметилдекан?

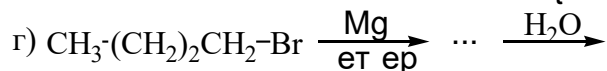
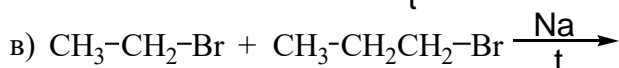
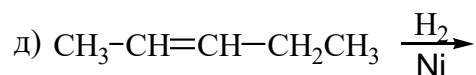
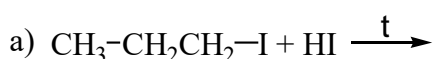
8. Напишіть реакції одержання гексану із наступних сполук:



9. Напишіть реакції пентану з наступними реагентами: а) Cl₂ (освітлення); б) Cl₂ + SO₂ (освітлення). Назвіть сполуки, що утворюються.

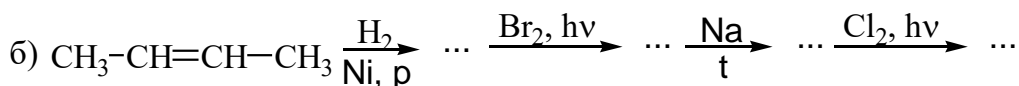
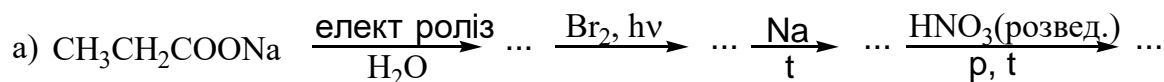
10. Отримайте етан, бутан і 2,3-диметилбутан електролізом водних розчинів калієвих солей органічних кислот відповідної будови.

11. Назвіть алкани, які є продуктами наступних реакцій:

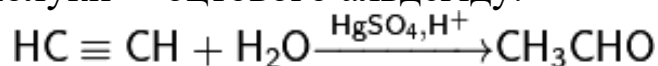


12. Напишіть схему одержання *n*-гексану електролізом водного розчину калієвої солі відповідної карбонової кислоти. Розгляньте механізми реакцій, які протікають на аноді і катоді.

13. Назвіть сполуки, що утворюються в наступних реакціях:



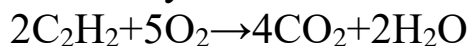
Приєднання води до ацетилену призводить до утворення оксигеновмісної сполуки – оцтового альдегіду.



У промисловості ацетилен добувають при термічному розкладі (піролізі) метану за температури 1500°C.



Хімічне рівняння горіння етину:



Ароматичні вуглеводні

Ароматичні вуглеводні мають властивості, якісно відмінні від властивостей ненасичених аліциклічних вуглеводнів і являють собою особливу гілку в схемі класифікації. Найпоширенішим ароматичним вуглеводнем є бензен (або бензол).

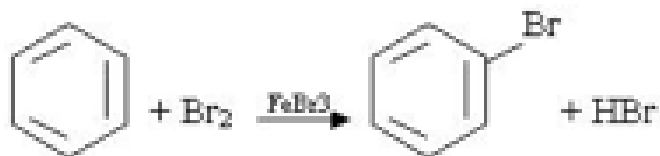
Ароматичні вуглеводні (арени) – це циклічні сполуки бензенового ряду, що мають специфічну властивість – ароматичність. Ароматичні вуглеводні належать до високотоксичних речовин, кожен з них має характерний запах, деякі (толуен) виявляють помітну наркотичну дію. Вдихання їх парів викликає головний біль, а при високих концентраціях – отруєння. Бензен використовується для одержання фенолу, стирену, аніліну, галогенопохідних аренів, а також для синтезу барвників, поверхнево-активних речовин.

Бензен та його багаточисленні похідні відносяться до ароматичних сполук і проявляють особливі властивості:

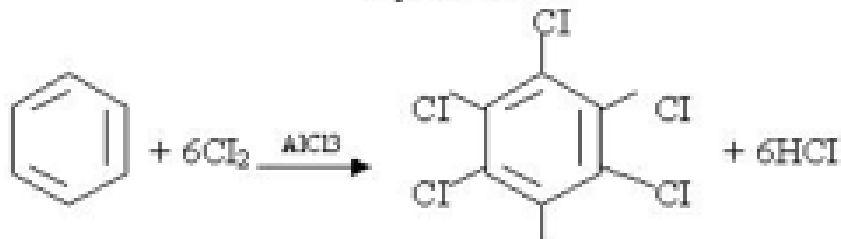
1. Схильність до реакцій заміщення, а не приєднання (незважаючи на формальну ненасиченість).
2. Висока стійкість ароматичних сполук.

Делокалізація π -електронів в системі. Саме наявність єдиної замкнутої системи шести π -електронів в молекулі ароматичної сполуки – головна ознака ароматичності. Це обумовлює всі найважливіші фізичні та хімічні властивості сполук бензену та його гомологів.

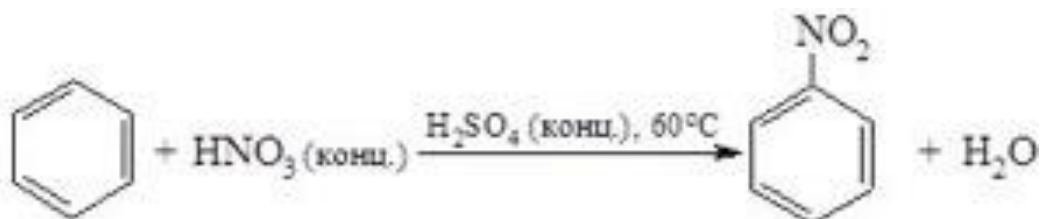
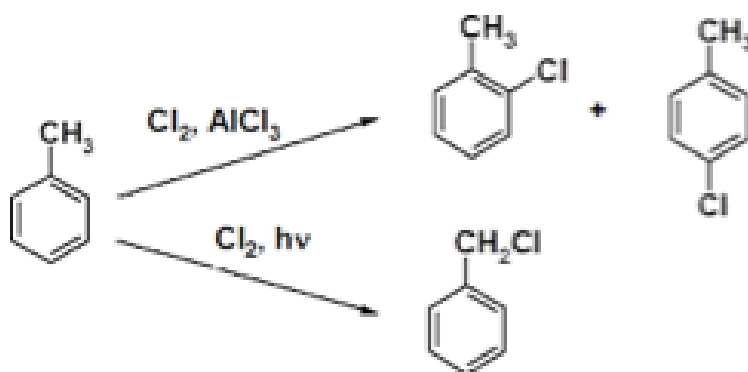
Типові реакції:



Бромбензол



Гексахлорбензол



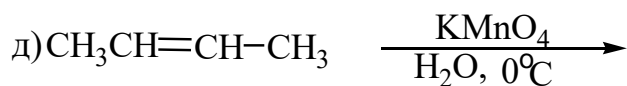
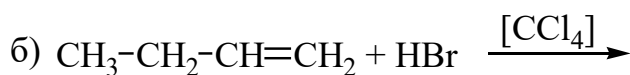
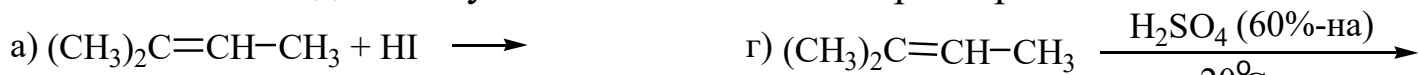
нітробензен

3.2. Практична частина

1. Напишіть реакції бут-2-ену із вказаними реагентами: а) Br_2 [CCl_4]; б) Cl_2 [CCl_4]; в) HBr ; г) H_2O [H^+]; д) HCl ; е) HI ; ж) H_2SO_4 .

2. Яка сполука утворюється при взаємодії пропену з HBr за наявності пероксидів? Напишіть рівняння реакцій.

3. Назвіть вихідні сполуки та тип хімічного перетворення:



4. Напишіть рінання всіх послідовних реакцій. Назвіть отриманий вуглеводень:



5. Напишіть реакції гекса-2,4-дієну з вказаними реагентами:

- Br_2 [CCl_4 , $20\text{ }^\circ\text{C}$];
- HBr [$20\text{ }^\circ\text{C}$];
- HBr [ROOR];
- H_2 (надл.) [Pt];
- O_3 (надл.), потім H_2O [Zn];
- KMnO_4 , H_2O , t ;
- $\text{Na} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

6. Здійсніть наступні переходи:

- 1-бромобутан \rightarrow бута-1,3-дієн;
- 1,2-дибромобут-3-єн \rightarrow 1-бромобут-2-єн;
- бутан-1,4-діол \rightarrow 1,4-дихлоробут-2-єн.

7. Напишіть структурні формули сполук: а) етилбензену; б) 1,3-диметилбензену; в) 1,3,5-триметилбензену; г) ізопропілбензену; д) 3-фенілпентану; е) вінілбензену; ж) фенілацетилену.

8. Напишіть структурні формули монозаміщених бензену, що утворюються в реакціях бензену з наступними реагентами: а) H_2SO_4 (конц.); б) HNO_3 ; H_2SO_4 (конц.); в) Br_2/Fe ; г) Cl_2/Al ; д) $\text{CH}_3\text{Br}/\text{AlBr}_3$; е) $\text{CH}_3\text{COCl}/\text{AlCl}_3$. Назвіть реакції та їх продукти.

9. Напишіть реакції хлорбензену з наступними реагентами: а) H_2SO_4 ; б) HNO_3 (H_2SO_4); в) Br_2 (FeBr_3); г) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ (AlBr_3); д) CH_3COCl (AlCl_3).

10. Назвіть вуглеводні, які є продуктами наступних реакцій:

- метилциклогексан $\xrightarrow[t, p]{[\text{Pd}]}$...
- толуєн $\xrightarrow{[\text{AlBr}_3]}{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}}$...
- етилбензен $\xrightarrow[600\text{ }^\circ\text{C}]{[\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ x } \text{Al}_2\text{O}_3]}$...
- бензен + пропілен $\xrightarrow[250\text{ }^\circ\text{C}, 3334\text{ кПа}]{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$...
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{HCl}]{\text{Zn}, [\text{Hg}]}$...
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} \xrightarrow{2\text{ Na}}$...
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBrCH}_2\text{Br} \xrightarrow[\text{спирт, } t]{2\text{ KOH}}$...

11. Заповніть схему перетворень:



Лабораторна робота № 2

Одержання та властивості ненасичених вуглеводнів

2.1. Мета: вивчити характерні властивості та способи одержання вуглеводнів шляхом проведення характерних реакцій.

Установки, прилади, лабораторний посуд, реактиви: ацетат натрію, безводний; бромна вода; пентан; гексан; натронне вапно; розчин калійперманганату; лакмус; етиловий спирт; концентрована сульфатна кислота; бромна вода; розчин калій перманганату; пісок або пемза, карбід кальцію; бромна вода; сульфатна та фуксинсульфітна кислоти; 0,5%-й розчин калійперманганату; нітрат аргентуму; амоніак; хлорид купруму (I); карбонат натрію; вата, бензен; толуен; ксилен; бензоат натрію; розчин бром у тетрахлорометані; концентровані нітратна і сульфатна кислоти; розчин калій перманганату.

2.2. Теоретичні відомості

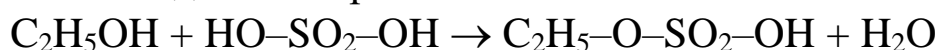
Найпростішими органічними сполуками вважають вуглеводні, до складу яких входять тільки атоми Карбону та Гідрогену.

За співвідношенням в них Карбону і Гідрогену їх поділяють на насичені та ненасичені вуглеводні, що мають подвійні та потрійні зв'язки.

2.3. Експериментальна частина

Дослід 2.3.1 Добування етилену і його реакція з бромною водою

У суху пробірку наливають 5 мл суміші для добування етилену (етанол і концентрована сульфатна кислота у об'ємному відношенні 1:2). При змішуванні етанолу з сульфатною кислотою утворюється етилсульфатна кислота – кислий складний естер.



У реакційну суміш додають декілька кипілок (шматочків битого порцеляну, кварцевого піску та інш.) – для рівномірного кипіння реакційної суміші, закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою і закріплюють її у штативі. У середину газовідвідної трубки вставляють хлоркальцієву трубку з натронним вапном (NaOH), яке розміщують між двома нещільними ватними тампонами.

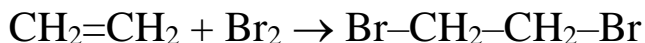
Натронне вапно повинно бути у вигляді шматочків, газоподібні речовини повинні вільно проходити через нього (інакше можливий нещасний випадок : якщо вихід для газів закритий, під їх тиском пробка може вискочити і кипляча реакційна суміш, що містить концентровану сульфатну кислоту, буде викинута із пробірки).

У штатив вміщують пробірку з 2 мл бромної води. Пробірку з сумішшю для добування етилену обережно нагрівають, слідкуючи за тим, щоб рідину, яка піниться, не перекинуло у хлоркальцієву трубку. Етилен, який

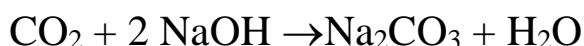
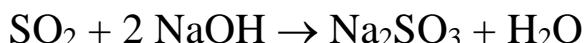
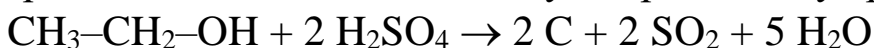
виділяється, пропускають через бромну воду, яка швидко знебарвлюється (якісна реакція на кратні зв'язки).



(реакція перебігає за температури біля 170°C).

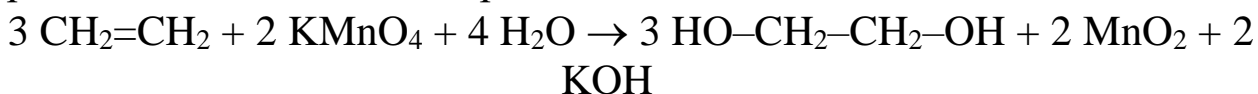


Крім основної реакції – сірчаноокислотної дегідратації етанолу, перебігає декілька побічних реакцій. Одна із найбільш важливих – окиснювально-відновна. Концентрована сульфатна кислота за високих температур окиснює органічну речовину (у тому числі і етанол) до вуглецю і карбон (IV) оксиду – реакційна суміш чорніє. Сама кислота при цьому відновлюється до сульфур (IV) оксиду, який може реагувати з бромною водою (і з калій перманганатом) подібно етилену. Тому етилен вилучають від домішок сірки (IV) оксиду. Кисневмісні оксиди (SO₂, CO₂) поглинають натронним вапном, поміщеним у хлоркальцієву трубку.



Дослід 2.3.2. Реакція етилену з водним розчином калій перманганату (реакція Є. Є. Вагнера)

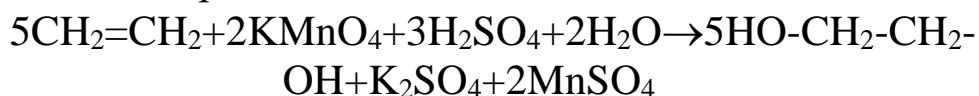
У пробірку наливають 2 мл 2%-ного розчину калій перманганату, додають 0,5 мл 10%-ного розчину соди і пропускають етилен. Фіолетове забарвлення розчину калію перманганату зникає, утворюється пластинчастий осад бурого кольору. Якщо етилен пропускати довго, осад може розчинитися. При окисненні етилену в умовах реакції Вагнера утворюється двохатомний спирт етиленгліколь HO-CH₂-CH₂-OH.



Реакція Вагнера – якісна реакція на кратні зв'язки.

Дослід 2.3.3. Окиснення етилену в кислому середовищі

У пробірку наливають 2 мл 1%-ного розчину калію перманганату, додають 1 краплю концентрованої сульфатної кислоти і пропускають етилен. Розчин швидко знебарвлюється, бурі пластівці не утворюються, оскільки окиснення перебігає більш глибоко.

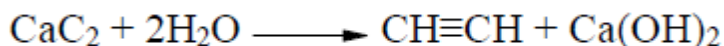


Дослід 2.3.4. Горіння етилену

Добутий у попередніх дослідах етилен запалить на виході газовідвідної трубки. Яким полум'ям він горить? Напишіть рівняння реакції.

Дослід 2.3.5. Добування ацетилену з карбіду кальцію та вивчення його властивостей

У колбу Вюрца вносять кілька шматочків карбіду кальцію й закривають її пробкою з крапельною лійкою, наповненою водою. Відвідну трубку колби Вюрца з'єднують із зігнутою газовідвідною трубкою. З лійки краплями приливають воду. Вода реагує з карбідом кальцію з утворенням ацетилену:



З ацетиленом, що при цьому утворюється, проводять характерні реакції.

Приєднання бромів до ацетилену. У пробірку приливають 5 см³ бромної води і пропускають через неї ацетилен. Бромна вода при цьому знебарвлюється – відбувається реакція приєднання бромів до ацетилену з утворенням тетрабромоетану. Реакція приєднання бромів відбувається у дві стадії – спочатку утворюється дибромоетилен:



що потім реагує з другою молекулою бромів й утворює тетрабромоетан:



Окиснення ацетилену. У пробірку наливають 3-4 см³ розбавленого розчину калій перманганату, що має лужне середовище завдяки доданому натрій карбонату, і пропускають через нього ацетилен. При цьому забарвлення розчину змінюється й утворюється бурий осад манган (IV) оксиду, що вказує на окиснення ацетилену.

Реакція окиснення ацетилену калій перманганатом проходить досить складно. Протягом реакції утворюються щавлева, мурашина кислоти і в кінцевому результаті – карбон (IV) оксид і вода.

Горіння ацетилену. До кінця газовідвідної трубки підносять запалений сірник. Ацетилен горить кіптявим полум'ям з утворенням карбон (IV) оксиду і води:



2.4. Висновки

2.5. Контрольні запитання

1. Чому етан не взаємодіє з бромом, а етилен взаємодіє?

2. Чому продукти з потрійним або подвійним зв'язком мають більшу реакційну здатність?
3. Наведіть електронну будову етилену і пропілену, схеми σ - та π - зв'язків.
4. Охарактеризуйте реакції приєднання для алкенів.
5. Поясніть суть правила Марковнікова.
6. Наведіть винятки з правила Марковнікова.
7. Наведіть приклади гідратації, галогенування, гіпогалогенування алкенів.
8. Наведіть приклади реакції заміщення для алкенів.
9. Охарактеризуйте відношення алкенів до окисників.
10. Наведіть якісні реакції на подвійний зв'язок.

Типові тестові завдання до модульної контрольної роботи «Вуглеводні»

1. Вкажіть елементи, з яких переважно складаються органічні сполуки:

- а) Нітроген і Оксиген б) Нітроген і Гідроген в) Карбон і Оксиген
г) Карбон і Гідроген

2. Визначіть тип атома Карбону в молекулі етану:

- а) вторинний б) третинний в) первинний г) четвертинний

3. Вкажіть валентність атому Карбону в органічних сполуках:

- а) 2 б) 3 в) 4 г) 6

4. Вкажіть сполуку, молекули якої містять лише одинарні зв'язки:

- а) етан б) етен в) бензен г) фенол

5. Вкажіть сполуку, молекули якої містять подвійний зв'язок:

- а) метан б) метанол в) етен г) етиленгліколь

6. Вкажіть гомологічний ряд, молекули представників якого містять одинарні та подвійні зв'язки:

- а) алкани б) алкадієни в) циклоалкани г) алкіни

7. Вкажіть насичену сполуку:

- а) пропан б) етен в) пропен г) ацетилен

8. Вкажіть ненасичену сполуку:

- а) гліцин б) етанол в) етен г) етан

9. Виберіть твердження, що характеризує будову молекул нормальних вуглеводнів:

- а) містять розгалужений карбоновий ланцюг
б) містять нерозгалужений карбоновий ланцюг
в) містять четвертинний атом Карбону
г) містять третинний атом Карбону

10. Вкажіть формулу ароматичної сполуки:

- а) 1,3-циклогексадієн б) циклогексен в) 1,2,3-циклогексатриєн
г) 1,3-циклогександіол

11. Вкажіть клас органічних сполук, молекули яких містять подвійний зв'язок:

- а) алкани б) алкени в) алканоли г) алкіни

12. Вкажіть клас органічних сполук, молекули яких містять два подвійні зв'язки:

- а) алкени б) алкадієни в) алканоли г) алкани

13. Вкажіть клас органічних сполук, представником яких є бензен:

- а) алкани б) арени в) алкіни г) алкени

Вкажіть загальну формулу сполук гомологічного ряду, представником якого є пропан:

- а) C_nH_{2n+2} б) C_nH_{2n-2} в) C_nH_{2n} г) C_nH_{n+2}

14. Назвіть сполуку $CH_3 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - CH_3$ за номенклатурою ІЮПАК:

- а) триметилметан; б) ізопропілметан; в) 2-метилпропан; г) *n*-бутан

15. Виберіть сполуку, з якою гідроген хлорид взаємодіє за правилом Марковникова:

- а) бут-2-ін б) бут-2-єн в) бут-1-єн г) гекс-3-єн

16. Вкажіть сполуку, яка є продуктом реакції приєднання води до 1-бутену:

- а) бут-1-ин б) бутан-1-ол в) бут-2-ин г) бутан-2-ол

17. Визначити продукт приєднання гідроген хлориду до пропену:

- а) 2,2-дихлоропропан б) 1,2-дихлоропропан в) 1-хлоропропан
г) 2-хлоропропан

18. Вказати тип органічних реакцій, що найбільш характерні для вуглеводнів, які містять лише σ -зв'язки:

- а) приєднання б) полімеризації в) обміну г) заміщення

19. Виберіть твердження відносно процесу дегідрування (дегідрогенізації):

- а) каталітичне відщеплення водню від молекул органічних речовин
б) перетворення алкану нормальної будови на його розгалужений ізомер

г) реакція, в результаті якої із молекули органічної кислоти або її солі виділяється карбон (IV) оксид

д) окиснення органічних сполук киснем при високих температурах із утворенням карбон (IV) оксиду і води

20. Вкажіть назву типу реакції відщеплення водню від молекули алкану:

а) дегідрогалогенування б) гідрування в) гідратації г) дегідрування

21. Виберіть сполуку, яка в реакції дегідратації відщеплюється від молекули речовини:

а) вода б) водень в) галогеноводень г) спирт

22. Визначте тип реакції, найбільш характерний для насичених вуглеводнів:

а) приєднання б) заміщення в) полімеризація г) циклізація

23. Визначте тип реакцій, найбільш характерний для ароматичних вуглеводнів:

а) приєднання б) заміщення в) полімеризації г) циклізації

24. Виберіть речовину, яка в реакції гідрування (гідрогенізації) приєднується до вуглеводнів:

а) вода б) водень в) галоген г) галогеноводень

25. Вкажіть клас сполук, для яких характерні реакції полімеризації:

а) алкани б) циклоалкани в) дієни г) галогеналкани

26. Вказати найбільш токсичну органічну речовину :

а) метан б) етилен в) ацетилен г) фенол

27. Встановіть відповідність між будовою органічних сполук та їх властивостями :

Будова органічних сполук

Властивості

- | | |
|--|--|
| 1) побудовані лише за допомогою σ -зв'язків | а) здатність вступати переважно у реакції заміщення |
| 2) в молекулі присутні один π -зв'язок і декілька σ -зв'язків | б) здатність окиснюватись до карбонільних сполук |
| 3) вуглеводневий радикал з'єднаний з гідроксильною групою | в) здатність вступати переважно у реакції приєднання |
| 4) вуглеводневий радикал з'єднаний з альдегідною групою | г) виявляють подвійну окисно-відновну здатність |

28. Встановіть відповідність, утворюючи логічні пари, між представниками класів сполук та характеристикою зв'язків в молекулах:

Представники класів сполук

Характеристики зв'язків в молекулах

- | | |
|-----------|--|
| 1) бензен | а) лише σ -зв'язки |
| 2) етен | б) один π -зв'язок і декілька σ -зв'язків |
| 3) пропін | в) два π -зв'язка і декілька σ -зв'язків |
| 4) метан | г) спряжена система π -зв'язків |

29. Встановіть відповідність, утворюючи логічні пари, між представниками класів сполук та загальною формулою:

Представники класів сполук

Загальна формула

- | | |
|----------------|------------------|
| 1) етан | а) C_nH_{2n-2} |
| 2) метилбензен | б) C_nH_{2n} |

- 3) пентин
4) метилпропен

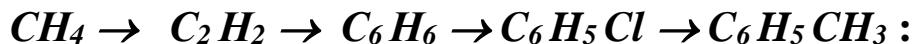


30. Встановіть послідовність реагентів для здійснення перетворень, що підтверджують генетичний зв'язок між вуглеводнями різних гомологічних рядів



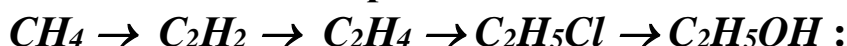
- а) O_2 , (надл.) б) $Cl_2; h\nu$ в) Na (мет.) г) t^0 ; Pt

31. Встановіть послідовність реагентів для здійснення перетворень



- а) CH_3Cl, Na (мет) б) $Cl_2; FeCl_3$ в) C акт.; 500^0C
г) $t^0; 1500^0C$

32. Встановіть послідовність реагентів для здійснення перетворень



- а) $t=1500^0C$ б) $H_2; Cr_2O_3$
в) HCl водн. р-н г) KOH водн. р-н

33. Встановіть послідовність реагентів для здійснення перетворень



- а) $Cl_2; h\nu$ б) $H_2; Cr_2O_3$
в) Na (мет.) г) O_2 , (надл.)

34. Встановіть послідовність типів реакцій для здійснення перетворення



- а) гідрогалогенування б) гідратація
в) дегідрування г) дегідрогалогенування

35. Встановіть послідовність типів реакцій для здійснення перетворення



- а) галогенування б) дегідратація
в) дегідрування г) тримеризація

Практичне заняття № 4

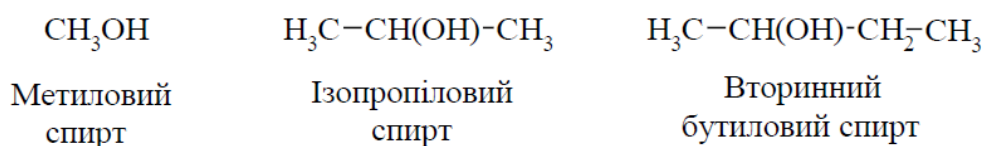
Одно- та багатоатомні спирти та феноли

4.1. Мета: вивчити хімічні властивості одно-, багатоатомних спиртів.

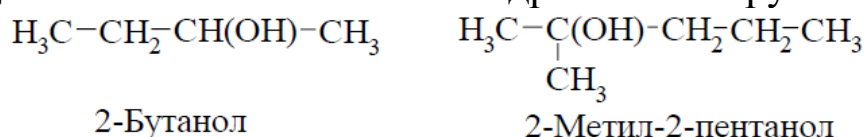
4.2. Теоретичні відомості

Одноатомні спирти (алканолі) – похідні алканів, у яких один атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу. Загальна формула – $C_nH_{2n+1}OH$. Ізомерія алканолів залежить від будови вуглецевого скелету й положення гідроксильної групи. Залежно від природи атома Карбону, з яким зв'язана гідроксильна група, розрізняють первинні, вторинні та третинні спирти.

Назва насичених одноатомних спиртів за радикально-функціональною номенклатурою утворюється від назви радикалів, із якими сполучена гідроксильна група:



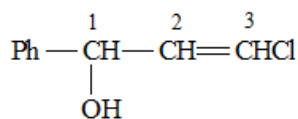
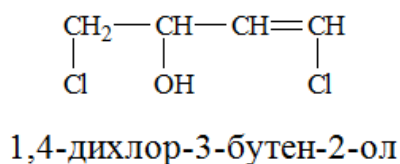
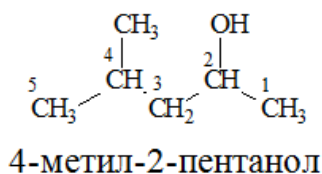
За номенклатурою IUPAC їх назву утворюють від назв відповідного алкану додаванням закінчення -ол і числовим позначенням атома Карбону, біля якого знаходиться гідроксильна група. Головний ланцюг нумерують з того кінця, до якого ближче міститься гідроксильна група:



Розрізняють *первинні* спирти RCH_2-OH , *вторинні* спирти R_2CH-OH і *третинні* спирти R_3C-OH . У межах однієї молекули вторинного або третинного спирту групи R можуть бути однаковими або різними.

Наявність однієї гідроксигрупи позначається суфіксом -ол, двох – діол, трьох – триол тощо.

Сполука $C_6H_5CH_2OH$ має традиційну назву *бензиловий спирт* (систематична назва *фенілметанол*). Сполуки з двома гідроксигрупами називають *двохатомними спиртами* або *гліколями (діолами)*, з трьома – *трьохатомними спиртами* або *гліцеридами (триолами)*.



1-феніл-3-хлор-2-пропен-1-ол

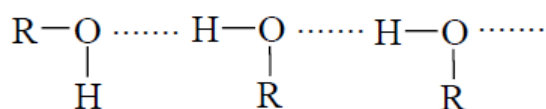
Назви груп типу RO (алкоксигруп) утворюються від назв груп R заміною суфікса *-ил (-іл)* на суфікс *-окси*: CH₃O– метокси, C₂H₅O– етокси, C₃H₇O– пропокси, C₄H₉O– бутокси. Продукти заміщення атома Гідрогену гідроксигрупи спиртів на метал називають *алканольятами* (несистематична назва – *алкоголяти*), а на алкільний або арильний радикал – *етерами* (стара назва – *прості ефіри*).

Назви аніонів типу RO – утворюються від назв відповідних спиртів шляхом заміни суфікса *-ол* на *-олят*: CH₃O⁻– *метанолят*, C₂H₅O⁻ – *етанолят*.

Назви *етерів* будують як назви заміщених вуглеводнів з алкоксильними замісниками: CH₃OC₂H₅ *метоксиетан*.

Феноли- гідроксипохідні, де група – OH приєднана безпосередньо до ароматичного кільця. Властивості цих сполук істотно відрізняються від властивостей спиртів. Найпростіша сполука цього класу має назву фенол. Його метилпохідні називають крезолами. Тут можливі три ізомери: орто-(2-), мета-(3-) і пара-(4-). Від нафталену походять два ізомерні нафтоли (1- та 2-, або α- і β-). Продукти заміщення атому Гідрогену гідроксигрупи на метал називають фенолятами, а на алкільний або арильний радикал – етерами фенолів (стара назва – *прості ефіри фенолів*). Їхні назви будують аналогічно алкоголятам і етерам.

Наявність гідроксильної групи в молекулі речовини зумовлюють її фізико-хімічні властивості. Підвищення температури кипіння пояснюється асоціацією молекули спирту, що відбувається завдяки появі водневих зв'язків:



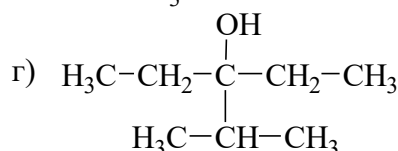
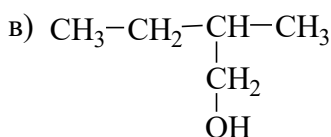
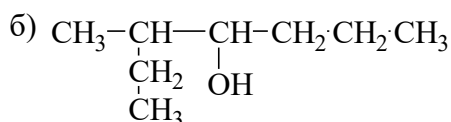
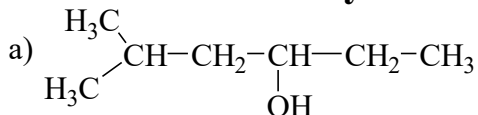
Хімічні властивості спиртів визначаються наявністю полярних зв'язків O–H та C–O. Полярність O–H зв'язку значно вища, ніж полярність зв'язку C–O, про що свідчать значення μ: 1,5 і 0,9, відповідно.

Спирти проявляють досить високу реакційну здатність. Реакції можуть проходити з розривом зв'язку O–H або зв'язку C–O.

До першого типу реакцій належать кислотно-основні, етерифікації, окиснення і дегідрування, до другого типу – реакції утворення етерів, дегідратації, перегрупування.

4.3. Практична частина

1. Назвіть сполуки за ІЮПАК номенклатурою.



2. Наведіть структурні формули сполук: а) 3,3-диметилбутан-1-ол; б) 2-етилгексан-1,3-діол; в) пент-4-ен-1-ол; г) бут-3-ин-2-ол; д) пропан-1,2,3-тріол. Серед названих спиртів відмітьте: насичені одноатомні, насичені двохатомні, насичені трьохатомні, ненасичені одноатомні.

3. Які сполуки утворюються при взаємодії 1-пропанолу з реагентами: а) SOCl_2 ; б) PCl_5 ; в) PBr_3 ; г) $\text{P} + \text{I}_2$?

4. Наведіть схеми реакцій внутрішньомолекулярної і міжмолекулярної дегідратації етилового спирту за наявності сульфатної кислоти. Вкажіть умови. Назвіть продукти, що утворюються.

5. Напишіть реакції дегідрування спиртів (Cu, 200-300°C): а) пропан-1-олу; б) пропан-2-олу; в) 3-метилбутан-1-олу; г) 3-метилбутан-2-олу.

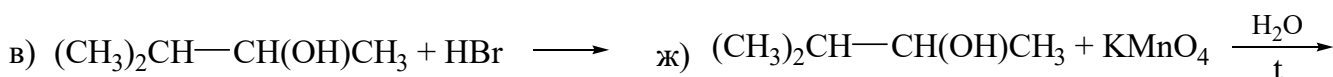
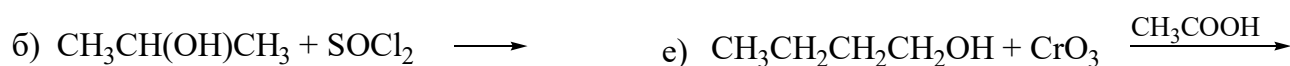
6. Як реагує аліловий спирт (проп-2-ен-1-ол) із вказаними реагентами: а) H_2 (Ni); б) Br_2 (CCl_4); в) KMnO_4 (H_2O , 0°C); г) KMnO_4 (H_2SO_4 , t); д) Cu (200°C); е) 2 HBr? Наведіть рівняння реакцій.

7. Напишіть реакції етиленгліколю (етан-1,2-діолу) з наступними реагентами: а) Na; б) HBr; в) CH_3COOH [H^+]; г) HNO_3 ; д) HIO_4 .

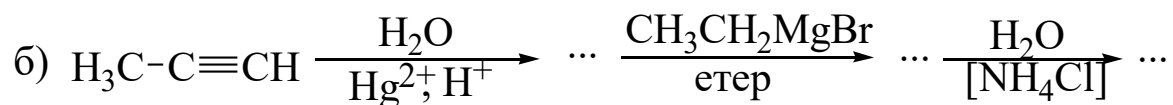
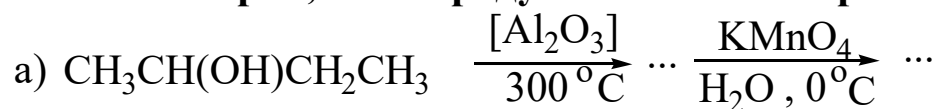
8. Напишіть реакції гліцерину (пропан-1,2,3-тріолу) із такими реагентами: а) Na; б) CuO; в) HBr; г) HNO_3 ; д) H_2SO_4 , нагрівання; е) CH_3COOH [H^+]; ж) $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ (H^+ , 200°C).

9. Напишіть схеми одержання бутан-2-олу із вказаних сполук: а) 2-хлоробутану; б) *n*-бутану; в) бут-1-ену; г) бутан-2-ону; д) бут-2-ину.

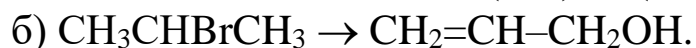
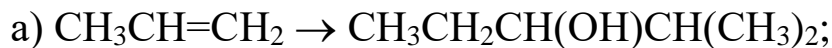
10. Напишіть реакції, назвіть вихідні сполуки і продукти реакцій:



11. Назвіть спирти, які є продуктами таких перетворень:



12. Використовуючи тільки неорганічні реагенти, здійсніть наступні перетворення:



Лабораторна робота № 3

Хімічні властивості одно-, багатоатомних спиртів та фенолів

3.1 Мета: вивчити хімічні властивості одно-, багатоатомних спиртів та фенолів

Установки, прилади, лабораторний посуд, реактиви: метиловий, етиловий, пропіловий, бутиловий, аміловий і аліловий спирти; гліцерин; лакмус; розчин фенолфталеїну; оцтова, масляна, бензенова, сульфатна кислоти; сульфат купруму (II); карбонат калію; натрій; калійперманганат; фуксинсульфітна кислота; хлорид натрію; фільтрувальний папір; етиловий спирт; етиленгліколь; гліцерин; натрій; сульфат купруму (II); гідроксид натрію; гідрогенсульфат калію; амоніак; лакмус; розчин фенолфталеїну; фільтрувальний папір.

3.2 Теоретичні відомості

Спирти. Функціональна група спиртів – *гідроксигрупа* –ОН.

Найпростіший представник спиртів – *метанол* CH_3OH (стара назва – *метиловий спирт*). Його гомологи називають *алканолами*, або *одноатомними спиртами* (стара назва – *алкоголі*).

Загальна формула – $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$

У вільному стані в природних умовах зустрічаються тільки деякі спирти. Зазвичай їх добувають синтетичними методами, із яких найбільше значення мають гідроліз галогенопохідних, гідратація алкенів, відновлення альдегідів і кетонів, окиснення естерів, синтез за допомогою металоорганічних сполук і бродіння сахаристих речовин.

Приклади номенклатури спиртів:

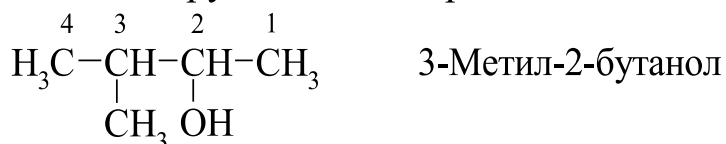
Тривіальна номенклатура

CH_3OH Деревний спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ Винний спирт

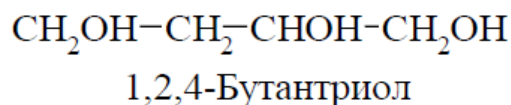
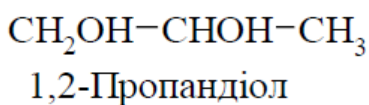
2. За *замісничковою* (залишково функціональною) *номенклатурою* – спирти називають відповідно назві вуглеводневого залишку, з яким сполучена гідроксильна група, наприклад:

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$	Етиловий спирт
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$	Пропіловий спирт
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	Ізопропіловий спирт

4. За *систематичною* *номенклатурою* назва спирту утворюється від назви відповідного алкану додаванням до неї закінчення *ол* з позначенням номера атома Карбону, біля якого вона розміщена, причому останній обов'язково повинен бути у складі основного ланцюга, а нумерація карбонового ланцюга починається з того кінця, до якого ближче розміщена функціональна група –ОН. Наприклад:

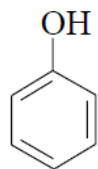


Багатоатомні спирти розглядаються як похідні вуглеводнів, у яких два або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи –ОН. Двохатомні спирти називають гліколями (алкандіолами), трьохатомні – гліцеринами, чотирьохатомні – еритритами, п'ятиатомні – пентитами, шестиатомні – гекситами і т.д. За номенклатурою IUPAC назви двухатомних спиртів мають закінчення -діол, трьохатомних – -триол. Цифрами вказується положення гідроксильних груп у вуглецевому ланцюгу:

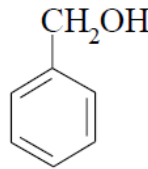


Фенолами, або гідроксиаренами називають похідні ароматичних вуглеводнів, у яких один або кілька атомів Гідрогену бензенового кільця заміщені на гідроксильну групу. В молекулах фенолів гідроксильна група безпосередньо зв'язана з бензеновим кільцем, що і впливає на її властивості.

Якщо замінити атом Гідрогену у бічному ланцюгу на гідроксильну групу, то одержують ароматичні спирти:



Фенол (гідроксибензен)



Бензиловий спирт

Залежно від кількості гідроксильних груп, що знаходяться в бензеновому кільці, розрізняють одно-, дво-, три- і багатоатомні феноли.

3.3 Експериментальна частина

Дослід 2.3.1 Розчинність спиртів, відношення їх до індикаторів, горіння. Розчинність галогенів у спиртах.

а) У 4 пробірки наливають по 0,5 мл спиртів: етилового, пропілового, бутилового та амілового (або ізоамілового). Відмічають запах спиртів.

Аміловий (ізоаміловий) спирти подразнюють дихальні шляхи, викликають кашель, тому нюхати спирти необхідно обережно. У кожен пробірник додають по 1 мл води і зміст пробірок струшують.

Зробіть висновок про розчинність спиртів у воді.

б) Із кожної пробірки скляною паличкою наносять краплю розчинів на синій і червоний лакмусовий папір. У пробірки додають 1 краплю розчину фенолфталеїну.

Чи змінюється забарвлення індикаторів?

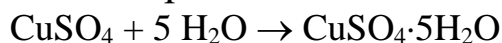
в) У порцелянові чашки (або тиглі) наливають по 2 мл спиртів, розміщують їх у порядку зростання молярної маси (метиловий, етиловий, пропіловий, бутиловий, аміловий або ізоаміловий). Підпалюють спирти скалкою (скіпкою) і порівнюють характер полум'я.

Поясніть дослід. Обчисліть відсотковий вміст Карбону у спиртах, які використані для дослідів. Напишіть рівняння реакцій горіння спиртів.

г) У пробірки зі спиртами додають по 0,5 мл розчину йоду у калій йодиді і струшують їх. Що ви спостерігаєте?

Дослід 3.3.2 Відкриття води в етиловому спирті-ректифікаті

1,5...2 г мідного купоросу прожарте в спеціальній ложці у полум'ї пальника, перемішуючи мідним дротиком, до повного зникнення блакитного забарвлення солі і виділення водяної пари. Після охолодження пересипте білу безводну сіль CuSO_4 в суху пробірник, додайте 2...3 мл етилового спирту. При збовтуванні і слабкому нагріванні вмісту пробірки білий порошок швидко забарвлюється в блакитний колір, якщо спирт містить воду. Зневоднений мідний купорос приєднує до себе воду, що є в спирті і переходить у кристалогідрат:



Зневоднений мідний купорос, кальцій оксид, магній сульфат, поташ використовують для добування абсолютного (безводного) спирту.

Дослід 3.3.3 Відкриття домішки метанолу в етанолі (денатураті)

Дослід проводять одночасно з чистим спиртом та зі спиртом, до якого добавлено метанол.

У колбу наливають 5 мл досліджуваного спирту, 20 мл 20%-ного розчину сульфатної кислоти і 2%-ний розчин KMnO_4 – спочатку 60 мл і через декілька хвилин ще 40 мл. Реакційну суміш енергійно збовтують; якщо забарвлення розчину зберігається, додають із крапельної лійки при

струшуванні 0,1 н. розчин хлоридної кислоти до повного знебарвлення.

До безбарвної реакційної суміші приливають 30 мл фуксинсірчистої кислоти. Поява фіолетового забарвлення вказує на утворення формальдегіду, тобто на присутність метилового спирту в етанолі

Дослід 3.3.4. Утворення алкоголятів натрію та їх гідроліз

У пробірку наливають 2...3 см³ метилового або етилового спирту, додають шматочок натрію, попередньо очищеного й висушеного фільтрувальним папером. При цьому спостерігається його взаємодія зі спиртом з утворенням алкоголяту натрію й водню. Реакція проходить з виділенням тепла за рівнянням:



Гідроген, що виділяється під час реакції, збирають у пробірку і підпалюють. Швидкість утворення алкоголятів поступово зменшується у разі збільшення молекулярної маси спиртів.

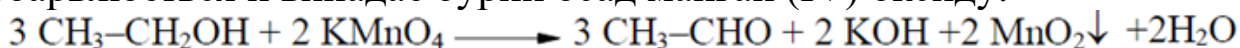
Після повного розчинення натрію алкоголят, що утворюється, розкладається водою:



Одержаний розчин випробовують фенолфталеїном. Характерне забарвлення в малиновій колір вказує на лужне середовище.

Дослід 3.3.5. Окиснення етилового спирту калій перманганатом

У пробірку наливають 1...2 см³ етилового спирту, додають 1 см³ водного розчину калій перманганату і нагрівають суміш. При цьому утворюється оцтовий альдегід із характерним запахом, калій перманганат знебарвлюється й випадає бурий осад манган (IV) оксиду:



За надлишку калій перманганату оцтовий альдегід окиснюється до оцтової кислоти.

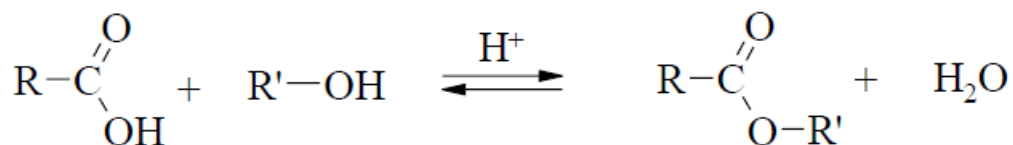
Дуже енергійно проходить реакція окиснення етилового спирту твердим калій перманганатом за наявності концентрованої сульфатної кислоти. У фарфорову чашку насипають 2...3 г твердого калій перманганату і приливають 1...2 см³ концентрованої сульфатної кислоти до утворення кашоподібної суміші.

До цієї суміші, обережно по краплях додають 0,5...1 см³ етилового спирту. Спирт самозапалюється, що свідчить про активне окиснення. Дослід треба проводити дуже обережно, оскільки можливе розбрикування суміші.

Дослід 3.3.6. Добування естерів

Під час взаємодії спиртів з органічними кислотами утворюються естери.

Ця реакція є зворотною:



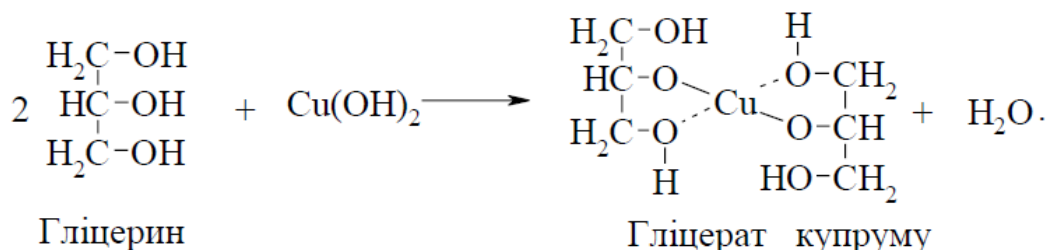
Для швидшого досягнення рівноваги використовують каталізатори (концентровану сульфатну кислоту, на значенні якої вперше наголосив В. В. Марковников у 1873 р.)

Добування етилацетату. У пробірку вміщують 2 см³ концентрованої оцтової кислоти, 2 см³ етилового спирту і 0,5 см³ концентрованої сульфатної кислоти. Суміш обережно кип'ячать кілька хвилин і після охолодження виливають у пробірку з насиченим розчином натрій хлориду. Естер спливає на поверхню, а оцтова кислота й етиловий спирт, які не вступили в реакцію естерифікації, розчиняються у воді й переходять у нижній шар. Утворений естер має специфічний запах.

Добування ізоамілацетату. У пробірці змішують 2...3 см³ концентрованої оцтової кислоти, 2...3 см³ ізоамілового спирту і 0,5 см³ концентрованої сульфатної кислоти. Суміш перемішують скляною паличкою й обережно нагрівають кілька хвилин. Продукт реакції виливають у склянку з холодною водою. Естер спливає на поверхню і має специфічний запах грушевої есенції.

Дослід 3.3.7. Утворення гліколяту і купрум гліцерату

У три пробірки наливають по 2 см³ 10%-го розчину натрій гідроксиду і кілька крапель розчину купрум (II) сульфату. При цьому утворюється блакитний осад купрум (II) гідроксиду. До осаду в першу пробірку додають кілька крапель етилового спирту, у другу – етиленгліколю, у третю – гліцерину. Реакційну суміш у пробірках енергійно струшують. У другій і третій пробірках спостерігається розчинення осаду й поява темно-синього забарвлення, що вказує на утворення гліколяту і гліцерату купруму:

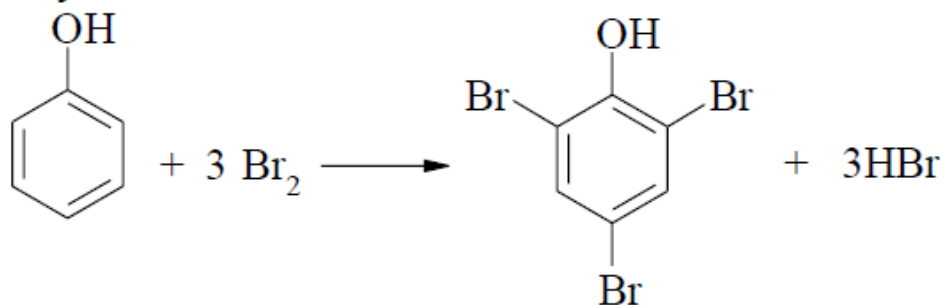


Одноатомний етиловий спирт із купрум(II) гідроксидом не реагує. Здатність розчиняти купрум (II) гідроксид є характерною особливістю багатоатомних спиртів.

Дослід 3.3.8. Взаємодія фенолу з бромом

У пробірку наливають 3 см³ 2%-го розчину фенолу і за постійного збовтування поступово добавляють бромну воду до світло-жовтого

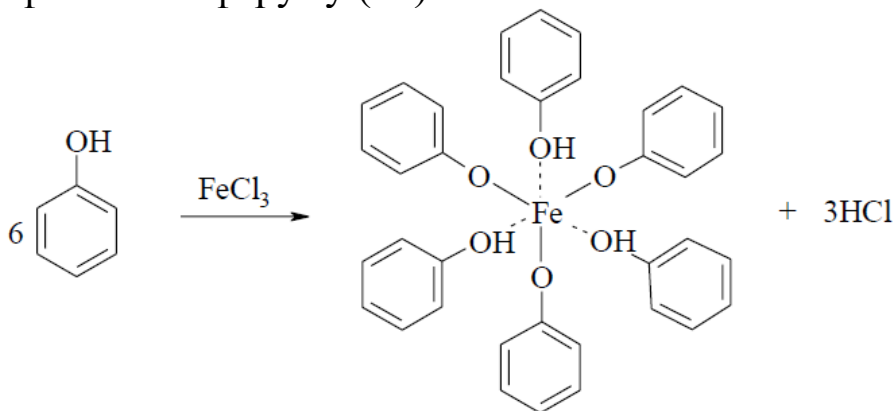
забарвлення. При цьому дуже швидко випадає нерозчинний у воді білий осад 2,4,6-трибромфенолу:



Цю реакцію використовують для кількісного визначення фенолу.

Дослід 3.3.9. Якісна реакція на фенол із ферум (III) хлоридом

У пробірку наливають 2-3 см³ 2%-го водного розчину фенолу і додають 2-3 краплі 2%-го розчину ферум (III) хлориду. З'являється фіалкове забарвлення внаслідок утворення сильно дисоційованих комплексних фенолятів феруму (III):



3.4 Висновок.

На основі проведених реакцій зробити висновок щодо властивостей одно-, багатоатомних спиртів та фенолів.

3.5. Контрольні запитання

1. Наведіть атомно молекулярну модель молекули метилового спирту. Охарактеризуйте полярність зв'язків С–О і О–Н. Які йони утворюються при гетеролітичному розриві зв'язку О–Н? Які властивості спиртів зв'язані з цим процесом?

2. Порівняйте будову метану і метилового спирту та дайте відповідь на такі запитання: 1. Чому метан – газ, а метиловий спирт – рідина? 2. Чому метан практично не розчиняється в воді, а метанол змішується з водою у будь якому відношенні?

3. Чому етиловий спирт не взаємодіє з NaOH?

а) Чому багатоатомні спирти мають більш кислий характер?

б) За якими властивостями відрізняють спирти від фенолів?

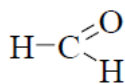
Практичне заняття № 5

Добування і властивості альдегідів, кетонів та карбонових кислот

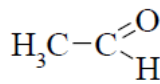
5.1. Мета: Вивчити способи добування та хімічні властивості карбонільних сполук та карбонових кислот

5.2. Теоретичні відомості

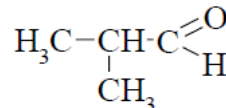
Альдегіди називають або за назвою кислоти, в яку вони переходять під час окиснення (*тривіальна* номенклатура), або за назвою насичених вуглеводнів із закінченням **-аль** (*систематична* номенклатура, IUPAC).



Мурашиний альдегід,
або метаналь

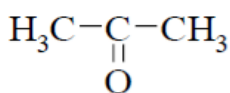


Оцтовий альдегід,
або етаналь

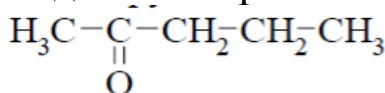


Ізомасляний альдегід,
або 2-метилпропаналь

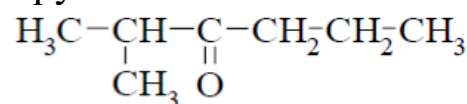
Кетони за раціональною номенклатурою називають за назвою вуглеводневих залишків (радикалів), які входять до молекули, із закінченням **-кетон**. За систематичною номенклатурою (IUPAC) кетони називають за назвою відповідного вуглеводню із закінченням **-он** та зазначенням місцезнаходження карбонільної групи.



Ацетон,
або диметилкетон
або 2-пропанон



Метилпропілкетон,
або 2-пентанон



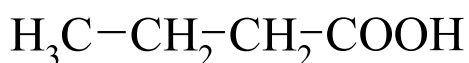
Пропілізопропілкетон,
або 2-метил-3-пентанон

Одноосновні карбонові кислоти часто називають за *тривіальними* назвами, які здебільшого відображають джерело їх першого добування:

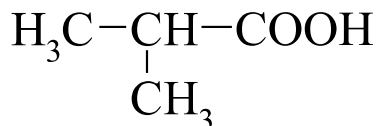
$\text{H}-\text{COOH}$, мурашина кислота, або форміатна міститься в мурашках (лат. *formica* – мурашка)

$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ – капронова кислота входить до складу козячого жиру (лат. *capra* – коза).

За номенклатурою IUPAC назви кислот утворюють з назв відповідного алкану із тим самим числом атомів Карбону, що і кислоти, із додаванням закінчення **-ова** і слова «кислота»:

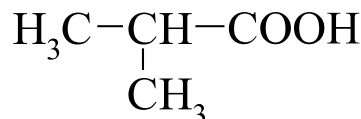
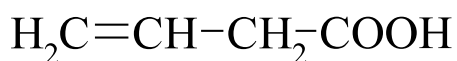


Бутанова кислота



2-Метилпропанова кислота

Інколи вживають назви кислот за раціональною номенклатурою, як похідні оцтової кислоти:

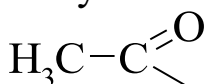
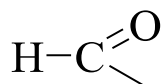


Вінілоцтова кислота

Диметилоцтова кислота

Залишок карбонової кислоти, що утворився при відніманні гідроксильної групи від карбоксильної, називається кислотним або ацильним радикалом або просто ацилом (Ac– лат. Acidum – кислота).

За номенклатурою IUPAC назву ацилу утворюють з назви відповідного алкану за кількістю атомів Карбону і закінчення –оїл:



Метаноїл, форміл

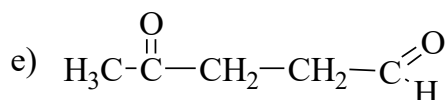
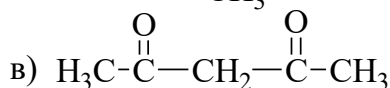
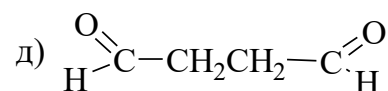
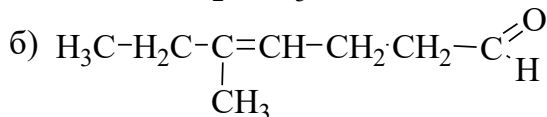
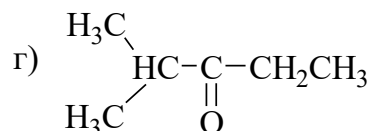
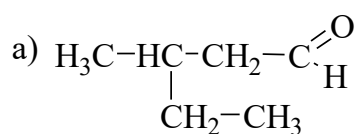
Етаноїл, ацетил

Пропаноїл

Для ацилів мурашиної і оцтової кислот часто вживають тривіальні назви – форміл і ацетил, відповідно.

5.3. Практична частина

1. Назвіть такі карбонільні сполуки:



2. Напишіть структурні формули таких сполук: а) 5,5-диметилгексан-3-ону; б) 2,2,6-триметилгептан-4-ону; в) 3-метилбут-2-еналю; г) 2-метил-2-гепт-4-енону; д) пентан-2,4-діону.

3. Напишіть структурні формули таких кетонів: а) гепт-2-ен-4-он; б) 1,1,1-трихлорпропанон; в) пентан-2,4-діон; г) 3-метоксибутанон; д) 3,4-епоксипентан-2-он; е) 2,2,3-триметилгептан-4-он.

4. В ефірних оліях citrusових міститься духмяна речовина цитраль, яка має таку структурну формулу:



Назвіть її за систематичною номенклатурою і вкажіть кількість можливих геометричних ізомерів.

5. У листях фіалок та в огірках міститься ненасичений альдегід нона-2,6-діеналь. Напишіть його структурну формулу. Які речовини отримують при його озонолізі?

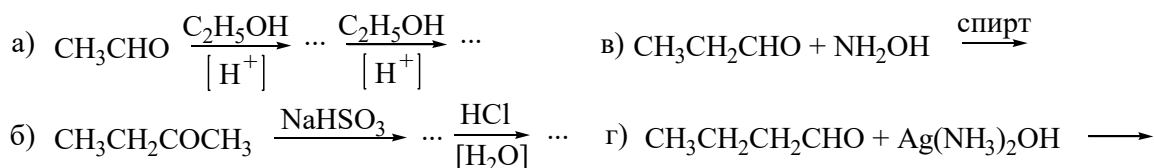
6. Напишіть реакції пропанового альдегіду з такими реагентами: а) H_2O

[H⁺]; б) 2 CH₃OH [H⁺]; в) NH₃ (спирт); г) NH₂OH (спирт); д) NH₂NH₂ (спирт); е) NH₂-NHC₆H₅ (спирт). Назвіть сполуки, що утворюються.

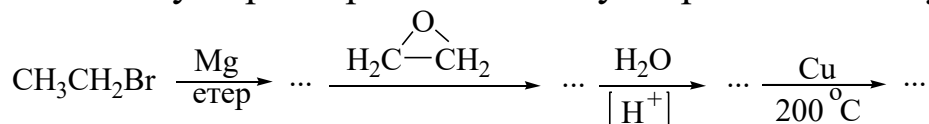
7. Напишіть схеми реакцій бутаналю і бутан-2-ону з такими реагентами: а) CH₃MgI; б) LiAlH₄; в) NaBH₄; г) PCl₅. Назвіть сполуки, що утворюються.

8. Розгляньте взаємодію акролеїну CH₂=CH-CHO з реагентами: а) Br₂ [CCl₄]; б) HBr; в) C₂H₅OH [H⁺]; г) HCN [OH⁻]; д) CH₃MgI; е) Ag(NH₃)₂OH; ж) LiAlH₄; з) NH₂OH; і) KMnO₄ (H₂O, 20 °C).

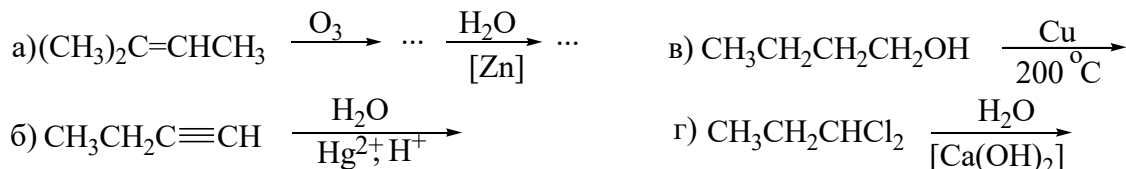
9. Напишіть рівняння реакцій. Назвіть вихідні і кінцеві органічні сполуки:



10. Заповніть схему перетворень. Назвіть усі органічні сполуки:

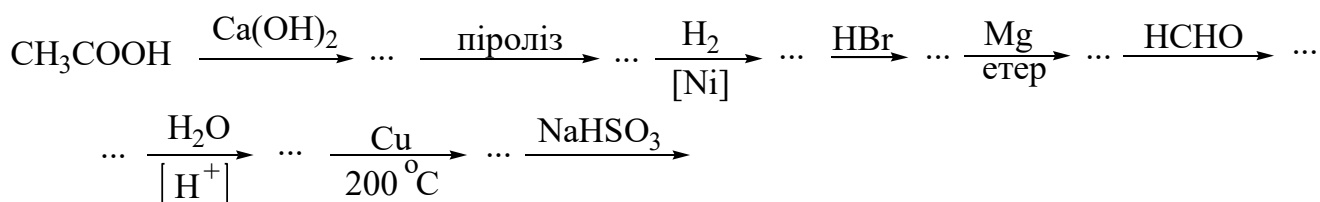


11. Назвіть карбонільні сполуки, які є продуктами таких реакцій:

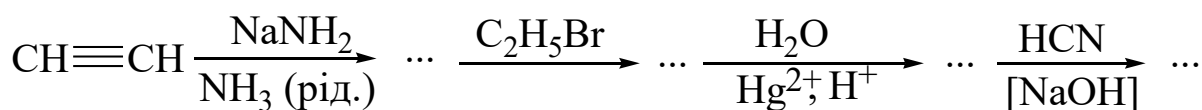


12. Із бутилового спирту і неорганічних реагентів запропонуйте схеми одержання: а) масляного альдегіду; б) метилетилкетону.

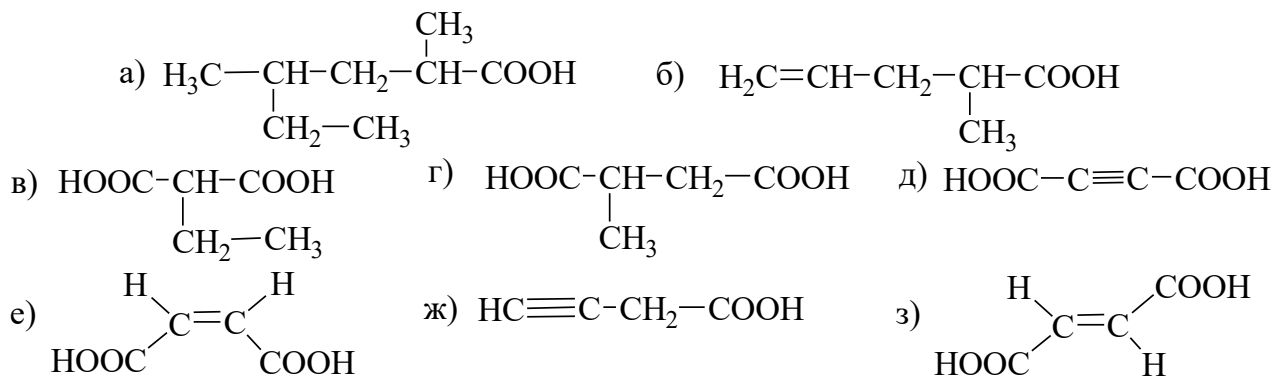
13. Заповніть схему перетворень. Назвіть усі органічні сполуки:



14. Заповніть схему перетворень. Назвіть усі органічні сполуки:

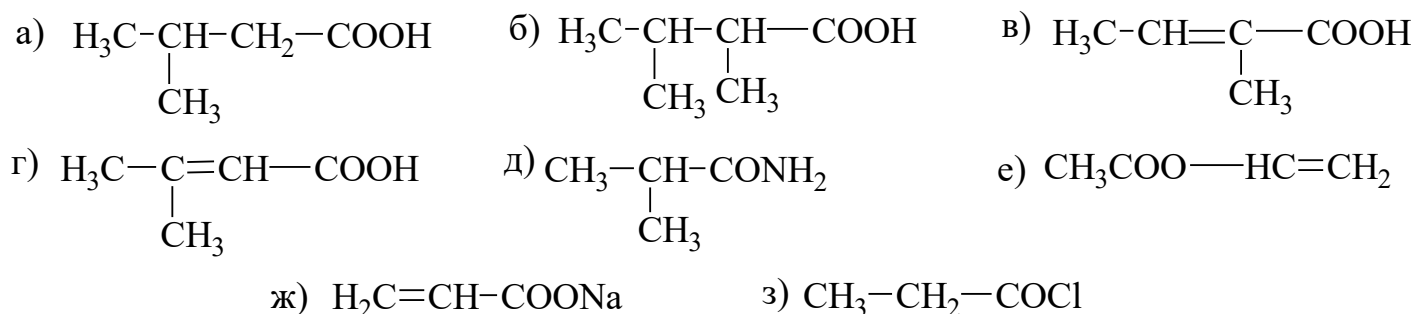


15. Назвіть сполуки:



16. Напишіть структурні формули сполук: а) 2,2-диметилпропанової кислоти; б) 2-метилбутанової кислоти; в) 2,3-диметилбутанової кислоти; г) 3,3-диметилбутанової кислоти; д) гександіової кислоти; е) бромангідриду α -бромпропіонової кислоти; ж) акрилонітрилу.

17. Назвіть наступні сполуки:



18. Напишіть рівняння реакцій пропанової кислоти з вказаними реагентами: а) Zn; б) NaOH; в) NaHCO₃; г) NH₄OH; д) Ca(OH)₂; е) CH₃MgI. Яка властивість пропанової кислоти проявляється у цих реакціях? Назвіть сполуки, що утворюються.

Лабораторна робота № 4

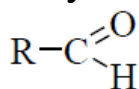
Добування і властивості альдегідів, кетонів та карбонових кислот

4.1 Мета: вивчити основні якісні реакції альдегідів, кетонів та карбонових кислот

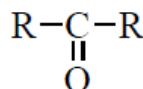
Установки, прилади, лабораторний посуд, реактиви: метиловий, етиловий спирти; 40%-й розчин мурашиного альдегіду (формалін); оцтовий; ізовалеріановий; бензеновий альдегіди; фуксинсульфітна кислота; сегнетова сіль; ацетат натрію; нітропрусид натрію; хінон; гліцерин; гідрогенсульфіт натрію; бромна вода; 0,1 н. розчин калій перманганату; мурашина, оцтова, пропіонова, масляна кислоти; ошурки магнію, цинку; ацетат натрію; ацетат плюмбуму; етиловий спирт; оцтовий ангідрид; вапняна або баритова вода; розчин калійперманганату; лакмус; розчин фенолфталеїну; сульфатна кислота; розчин нітрату аргентуму; хлорид кальцію; розчин амоніаку; хлорид заліза (III).

4.2 Теоретичні відомості

Для альдегідів і кетонів характерна наявність карбонільних груп $>C=O$ (оксогруп) в їх молекулах, причому одна валентність атома Карбону карбонільної групи в молекулах альдегідів зв'язана з вуглеводневим залишком, а інша – з атомом Гідрогену; в молекулах кетонів обидві валентності атома Карбону зв'язані з вуглеводневими залишками.



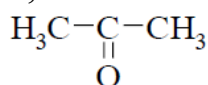
Альдегід



Кетон

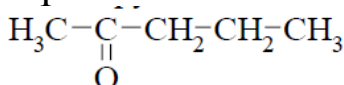
Альдегіди й кетони з однаковою кількістю атомів Карбону в молекулі ізомерні один одному.

Альдегіди й кетони залежно від вуглеводневих залишків розрізняють на насичені, ненасичені та ароматичні.

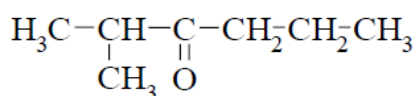


Ацетон,

або диметилкетон
або 2-пропанон

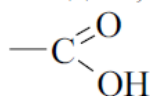


Метилпропілкетон,
або 2-пентанон



Пропілізопропілкетон,
або 2-метил-3-пентанон

Карбонові кислоти – це похідні вуглеводнів, які містять у молекулі одну або декілька карбоксильних груп



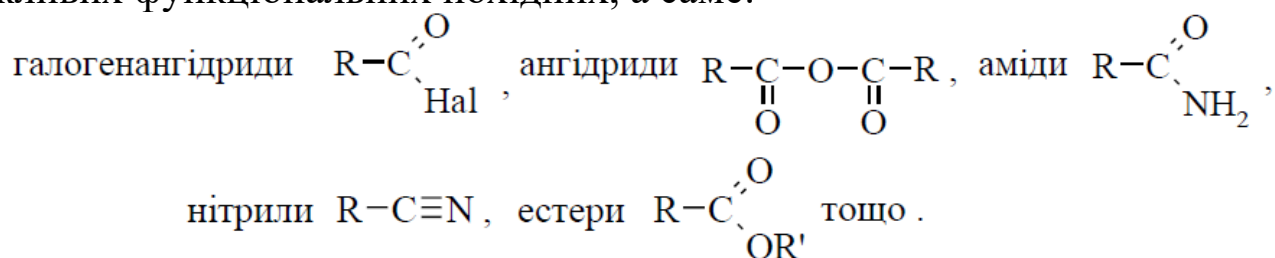
Назва «карбоксильна група» утворюється з назв карбонільної $>C=O$ і гідроксильної $-OH$.

Кількість карбоксильних груп визначає *основність* кислоти. Звідси R–COOH – *одноосновна*, або *моноосновна* кислота, HOOC–(CH₂)_x–COOH – *двоосновна*, або *дикарбонова*. Залежно від характеру вуглеводневого залишку розрізняють *насичені*, *ненасичені* і *ароматичні* карбонові кислоти.

Одноосновними карбоновими кислотами називають похідні вуглеводнів, у яких один атом Гідрогену заміщений на карбоксильну групу – COOH.

Загальна формула гомологічного ряду насичених одноосновних карбонових кислот – **C_nH_{2n+1}COOH**.

За певних хімічних перетворень карбоксильна група утворює ряд важливих функціональних похідних, а саме:

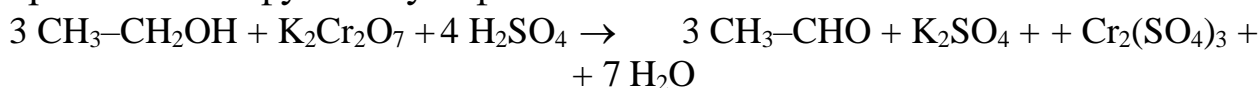


Дуже поширені похідні карбонових кислот, в яких поряд з карбоксильною групою містяться гідроксильна, карбонільна, амінна групи або галогени. Такі сполуки називають сполуками із змішаними функціями, відповідно – гідроксикислоти, оксокислоти, амінокислоти, галогенозаміщені кислоти.

4.3. Експериментальна частина

Дослід 4.3.1. Добування оцтового альдегіду окисненням етилового спирту

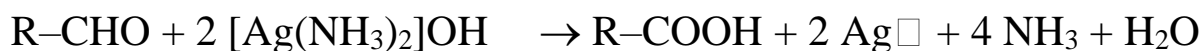
У пробірку до 3-4 см³ хромової суміші додають 1 см³ етилового спирту і «кип'ятильники» для рівномірного кип'ятіння. Пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою й обережно нагрівають. Кінець газовідвідної трубки занурюють у пробірку з водою, в яку відганяється оцтовий альдегід. Його визначають за характерним запахом і забарвленням із фуксинсульфідною кислотою.



Дослід 4.3.2. Реакція срібного дзеркала

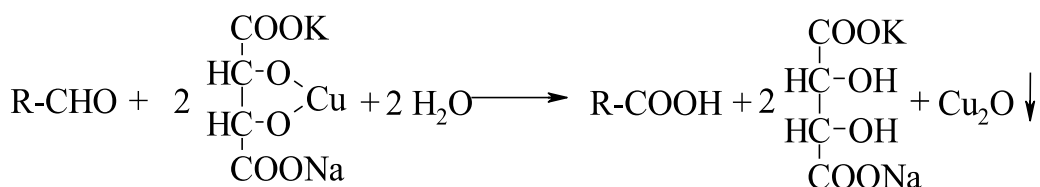
У чисту пробірку, вимиту за нагрівання 10%-м лугом і обполіснуту дистильованою водою, наливають 3-4 см³ 1%-го розчину аргентум нітрату і додають краплями 5%-й розчин амоніаку в такій кількості, щоб осад утворився і знову розчинився. Багато амоніаку додавати не потрібно. До одержаного амоніачного розчину аргентум оксиду [Ag(NH₃)₂]OH

добавляють 1 см³ розчину альдегіду (мурашиного, оцтового або ізовалеріанового) і обережно нагрівають суміш на водяній бані при температурі 60-70 °С. Через кілька хвилин на стінках пробірки поступово з'являється шар аргентуму у вигляді дзеркала або чорний (сірий) осад металічного срібла, оскільки альдегіди легко окиснюються до кислоти і є сильними відновниками:

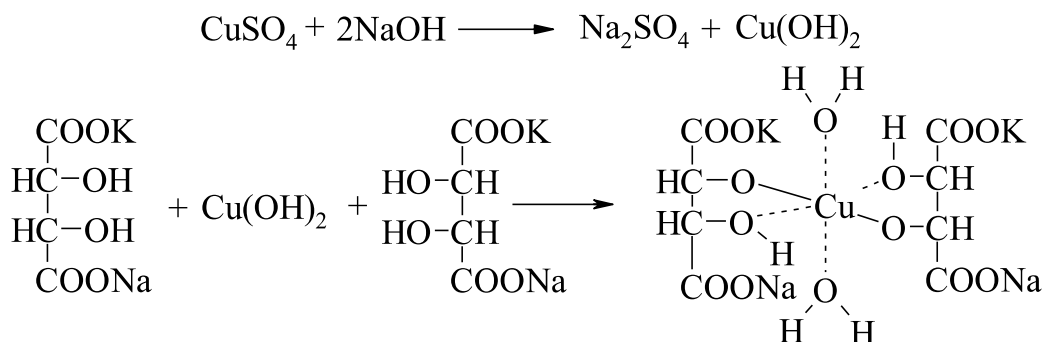


Дослід 4.3.3. Реакція відновлення альдегідами реактиву Фелінга

У пробірку наливають 3...4 см³ свіжоприготовленого реактиву Фелінга і добавляють 0,5...1 см³ формаліну або оцтового альдегіду. Реакційну суміш нагрівають. Спочатку розчин забарвлюється в зелений колір, потім у жовтий і, нарешті, випадає купрум (I) оксид червоного кольору:



Добування фелінгової рідини: розчин Фелінга I – розчин купрум (II) сульфату; розчин Фелінга II – лужний розчин сегнетової солі. Щоб добути фелінгову рідину, беруть у пробірку 5...6 см³ розчину Фелінга I і стільки ж розчину Фелінга II. При цьому відбуваються такі реакції:

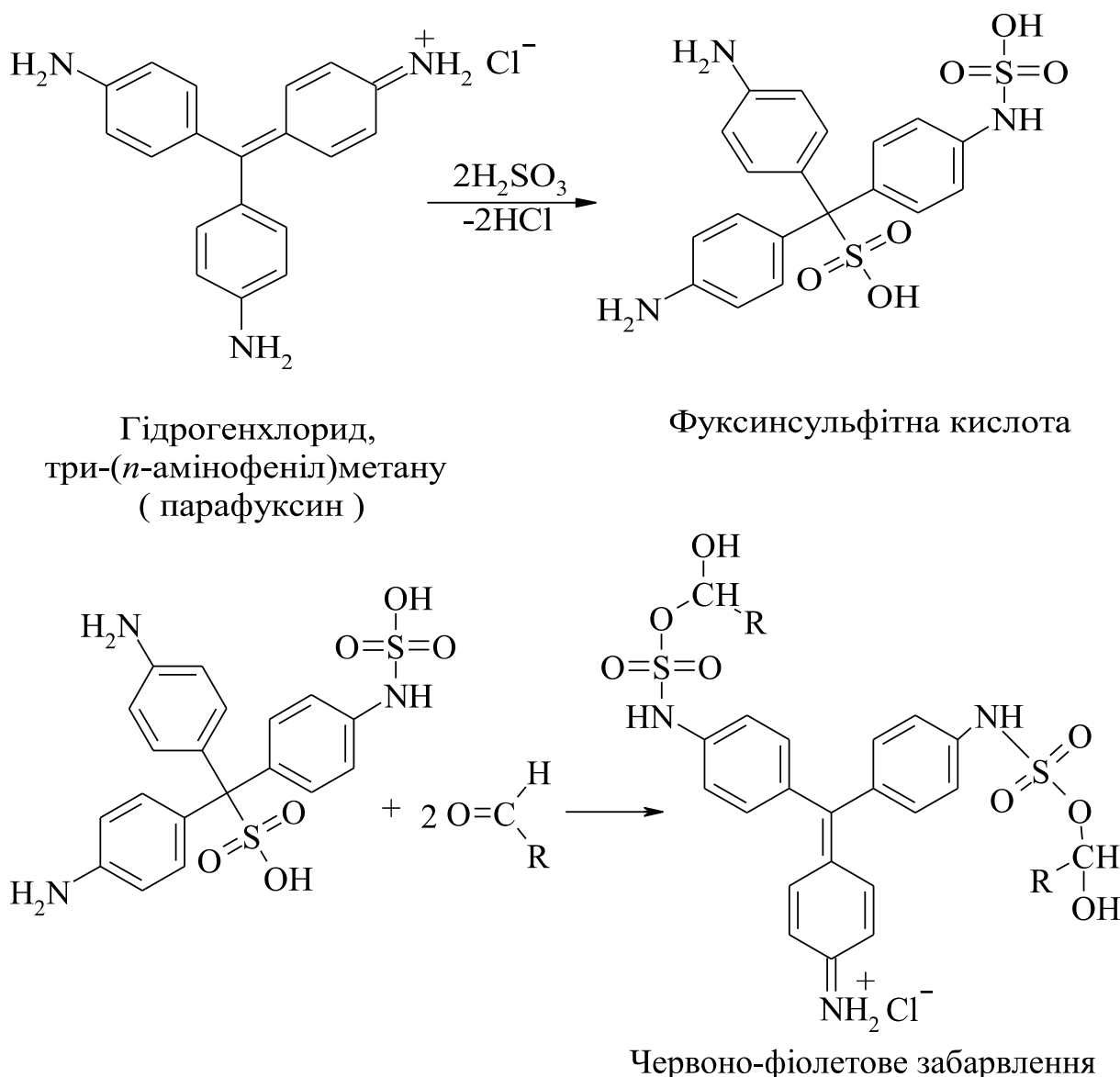


Дослід 4.3.4. Кольорова реакція на альдегіди з фуксинсульфітною кислотою

У пробірку до 1 см³ фуксинсульфітної кислоти добавляють кілька крапель формаліну, оцтового або ізовалеріанового альдегіду. Суміш набуває червоного забарвлення.

Якісною реакцією на альдегіди є реакція з фуксинсульфітною кислотою (реактив Шиффа). Барвник червоного кольору парафуксин гідрогенхлорид три-(*p*-амінофеніл)метану в результаті оброблення його сульфитною кислотою утворює безбарвний розчин фуксинсульфітної кислоти. Вона

приєднується до альдегіду і утворює червоно-фіолетове забарвлення, що є якісною реакцією на альдегідну групу (кетони цієї реакції не дають):



Дослід 4.3.5. Одержання гліцеринового альдегіду окисненням гліцерину калій дихроматом

У пробірку наливають 1 мл 10%-ного розчину $K_2Cr_2O_7$, 1 мл 10%-ного розчину сульфатної кислоти і 1 мл гліцерину. Суміш струшують, пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою і обережно нагрівають. Пару гліцеринового альдегіду, що утворюється при цьому, пропускають у 1мл розчину фуксинсірчистої кислоти, який наливають у пробірку-приймач; з'являється червоно-фіолетове забарвлення.



Дослід 4.3.6. Йодоформна проба

Цю реакцію дають метилкетони та речовини, здатні при окисненні утворювати ацетильну групу (CH₃CO–):



До 1 мл води, що містить 1 краплю ацетону, додають спочатку 2 краплі концентрованого розчину I₂ в KI і потім по краплям 10%-ний розчин NaOH. Забарвлення йоду зникає і одночасно виділяється густий осад CHI₃. Утворення осаду на холоді характерне для ацетону, для інших сполук потрібні витримування або нагрівання реакційної суміші.

Дослід 4. 3.7. Виявлення карбонових кислот за допомогою індикаторів

У пробірку вміщують 1...2 см³ кислоти (мурашина, оцтова, пропіонова, масляна або валеріанова). Додають 4...5 см³ води, кілька крапель водного розчину лакмусу і збовтують. Можна використовувати лакмусовий папір. Лакмус змінює забарвлення із синього на червоний, що свідчить про дисоціацію кислот у водних розчинах.

4.4. Висновки

4.5. Контрольні запитання

1. Навести рівняння реакції утворення Фелінгової рідини.
2. Чому альдегіди володіють більшими відновлювальними властивостями ніж кетони?
3. Що таке фуксинсірчиста кислота?
4. Наведіть рівняння реакції срібного дзеркала для оцтового альдегіду.
5. Наведіть рівняння реакції мідного дзеркала для пропіонового альдегіду.

Лабораторна робота № 5

Хімічні властивості вищих жирних карбонових кислот, жирів та мила

5.1 Мета: вивчити якісні реакції на вищі жирні карбонові кислоти, жири та мила

Установки, прилади, лабораторний посуд, реактиви: сульфатна, олеїнова, стеаринова кислоти; гідрогенсульфат калію; бромна вода; розчин калій перманганату; рослинна олія; розчин хлориду кальцію; ацетат плюмбуму; розчин фенолфталеїну; розчин нітриту натрію.

5.2 Теоретичні відомості

Жири – це суміші складних ефірів (естерів) трьохатомного спирту гліцерину та вищих жирних карбонових кислот. Жири називають гліцеридами, оскільки до складу жирів входить гліцерин. За номенклатурою IUPAC жири називають аналогічно естерам вуглеводнів, а саме: назву утворюють від назви ацилу кислоти в префіксі до основної назви – гліцерину:

Можливе використання більш коротких назв за аналогією з номенклатурою солей до основної назви гліцерину (тристеарат гліцерину).

Різноманітність жирів зумовлена вмістом різних залишків вищих жирних карбонових кислот.

Якщо в складі жиру переважають залишки насичених кислот (лауринова $C_{11}H_{23}COOH$, пальмітинова $C_{15}H_{31}COOH$, стеаринова $C_{17}H_{35}COOH$, та інші), то жир за своєю консистенцією буде твердий. Як правило, це жири тваринного походження (баранячий, яловий, свинячий та інші). Жири, в яких переважають залишки ненасичених кислот (олеїнова $C_{17}H_{33}COOH$, ліолева $C_{17}H_{31}COOH$, ліноленова $C_{17}H_{29}COOH$, арахідонова $C_{19}H_{31}COOH$, еруконова $C_{21}H_{41}COOH$, клупанодонова $C_{21}H_{33}COOH$ та ін.),

мають рідку консистенцію. Жири рідинної консистенції називають оліями (соняшникова, кукурудзяна, льняна, горіхова, оливкова, конопляна, рижієва, рапсова, бавовняна та інші).

Природні жири нейтральні. Однак у процесі переробки або при зберіганні за рахунок окиснення або омилення утворюються вільні кислоти.

Кількість міліграмів калій гідроксиду, яка необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в одному грамі жиру, називається **кислотним числом**.

Кількість міліграмів калій гідроксиду, що витрачається на омилення одного граму жиру, називають **числом омилення**.

5.3 Експериментальна частина

Дослід 5.3.1. Гідроліз мила

У суху пробірку наливають 1 см³ спиртового розчину мила і додають кілька крапель 1%-го розчину фенолфталеїну. Розчин залишається безбарвним, оскільки мило в спиртовому розчині не дисоціює. Потім добутий безбарвний спиртовий розчин мила, що містить фенолфталеїн, обережно (по стінці пробірки) приливають в пробірку з дистильованою водою. На межі розділу шарів води і мила з'являється кільце малинового кольору внаслідок дисоціації мила у воді і утворення лужного середовища, в якому фенолфталеїн набуває малинового забарвлення.

Дослід 5.3.2. Емульгуючі властивості мила

У дві пробірки наливають по 2...3 краплі олії. В одну з них доливають 2 см³ дистильованої води, в другу – 2 см³ 1%-го розчину мила. Обидві пробірки енергійно струшують. У пробірці з милом утворюється стійка молочно-біла емульсія. У пробірці з водою крапельки олії виділяються і поступово впливають на поверхню води. Емульсія олії в воді нестійка. Миючі властивості мила пояснюються його емульгуючими властивостями, наслідком яких є зменшення поверхневого натягу крапельок олії, що приводить до значного збільшення стійкості піни і емульсії.

Дослід 5.3.3. Емульгування жирів

В п'ять пробірок вміщують по 2...3 краплі олії потім додають в першу пробірку 3 см³ води, в другу – 3 см³ 5%-го натрій гідроксиду, в третю – 3 см³ 5%-го калій гідроксиду, в четверту – 3 см³ розчину мила, в п'яту – 3 см³ розчину білку. Вміст всіх пробірок енергійно струшують, відбувається утворення емульсій. Пробірки ставлять у штатив на 3...5 хв, після чого відмічають, в яких пробірках утворюється стійка емульсія і в яких – нестійка (відбулося розшарування, що приводить до появи олії на поверхні рідини).

Дослід 5.3.4. Визначення кислотного числа жиру

У конічній колбі на 50 см³ розчиняють 2 г олії в суміші спирту з бенzenом (1:1) і додають 2 краплі спиртового розчину фенолфталеїну. До цього розчину краплями при струшуванні додають із бюретки 0,1 н. розчин калій гідроксиду до появи блідо-рожевого забарвлення, що не зникає після збовтування.

За кількістю см³ 0,1 н. розчину калій гідроксиду, які витрачені на нейтралізацію вільних жирних кислот, що знаходяться в 2 г олії, розраховують кількість вільних кислот, що і визначає кислотне число.

$$КЧ=V(КОН) \cdot 5,611 / m,$$

де V(КОН)- об'єм 0,1 н розчину калій гідроксиду, який пішов на

титрування наважки жиру, мл;

5,611 – титр 0,1 н розчину калій гідроксиду, мг / мл;

m – маса досліджуваного жиру, г

Величина кислотного числа для рафінованих рослинних олій не повинна перевищувати 0,4 мг КОН/г жиру

Дослід 5.3.5. Визначення числа омилення жиру

В конічну колбу на 50...100 см³ вміщують 1,5...2 г твердого жиру і приливають 6 см³ 15%-го спиртового розчину натрій гідроксиду. Колбу закривають пробкою з повітряним холодильником, перемішують реакційну суміш і нагрівають на водяній бані при струшуванні протягом 10...12 хв (температура води в бані більше 80 °С). Для визначення кінця реакції декілька крапель гідролізату виливають в 2...3 см³ гарячої дистильованої води, якщо гідролізат розчиняється повністю, без виділення крапель жиру, тоді реакцію можна вважати закінченою.

Після закінчення омилення із гідролізату висолюють мило додаючи 6-7 см³ гарячого насиченого розчину натрій хлориду. Мило спливає, утворюючи на поверхні розчину шар. Після охолодження суміші холодною водою його відділяють, сушать. За кількістю виділеного мила визначають число омилення жиру.

Дослід 5.6. Визначення ступеня ненасиченості жиру йодним числом

Йодне число – це кількість грамів йоду, що приєднується до 100 г жиру. Чим більша величина йодного числа, тим більше подвійних зв'язків знаходиться в залишках вищих жирних кислот, що входять до складу жиру.

Під час взаємодії галогенів з ненасиченими жирними кислотами до кожного подвійного зв'язку приєднується одна молекула галогену:
$$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH} + \text{J}_2 \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CHJ}-\text{HJ}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$$

У конічну колбу на 50...100 см³ наливають 10 см³ 10%-го розчину олії в хлороформі, додають 2 краплі 2%-го розчину крохмалю і краплями при енергійному струшуванні приливають із бюретки 0,05%-й спиртовий розчин йоду до появи синього забарвлення (на поверхні суміші з'являється синє кільце). За кількістю витраченого спиртового розчину йоду розраховують йодне число, яке для соняшникової олії знаходиться в межах 125...145.

5.4. Висновки

5.5. Контрольні питання

1. Чим зумовлений агрегатний стан різних видів жирів?
2. Охарактеризуйте хімічні властивості жирів.
3. Що таке «висихаючі» олії?
4. Наведіть формули ненасичених ВЖК.
5. Наведіть формули насичених ВЖК, що зустрічаються у харчових жирах.
6. Що характеризує йодне число?
7. Поясніть чим визначаються мийні властивості мила?
8. Наведіть приклади формул твердого і рідкого мила.

Практичне заняття № 6

Гетероциклічні сполуки. Вуглеводи

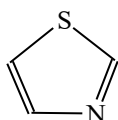
6.1 Мета: вивчити будову та хімічні властивості ряду гетероциклічних сполук.

6.2. Теоретичні відомості

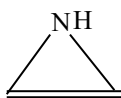
Гетероциклічними називають такі сполуки циклічної будови, у циклах яких поряд з атомами Карбону знаходяться атоми інших елементів. Ці та інші атоми називають гетероатомами.

Номенклатура гетероциклічної системи включає величину циклу, його ненасиченість, кількість гетероатомів, їх вид і положення. Назва гетероциклу складається з трьох частин: кореня, який вказує розмір циклу, суфікса (часто суміщеного з коренем), який вказує ступінь ненасиченості гетероциклічної системи, і префікса, який вказує вид гетероатомів і їх кількість. Тричленний цикл має корінь -ір, чотиричленний -ет, п'ятичленний -ол; шестичленний -ін. Насичені гетероцикли з атомом Нітрогену мають суфікс -ідін-, насичені гетероцикли без атому Нітрогену мають суфікс -ан-, ненасичені гетероциклічні системи мають суфікс -ін-

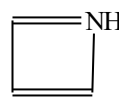
Природа гетероатома вказується префіксами окса-, тіа- і аза- відповідно для Оксигену, Сульфуру та Нітрогену. Якщо в гетероциклі два або більше різних гетероатомів, то вони перелічуються за старшинством і їх нумерують у такому порядку: O, S, N. При наявності в гетероциклі одного атому Оксигену і одного Нітрогену використовують префікс оксаза-, а при наявності одного атома Сульфуру і одного атому Нітрогену -тіаза-.



1,3-тіазол



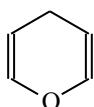
азирин



азет

Для назви похідних гетероциклічних сполук атоми циклу нумерують. Звичайно нумерацію починають з гетероатома. Якщо є декілька гетероатомів, нумерацію починають з того, який у ряді O, S, Se, Te, N, P, As, Sb, Bi, Si, Ge, Sn, Pb, Hg знаходиться лівіше. Нумерацію атомів здійснюють у напрямку, щоб гетероатоми отримали найменші цифри. Для деяких гетероциклічних сполук зберігається певний вид нумерації.

Для давно відомих гетероциклічних сполук часто використовують тривіальні назви.



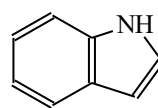
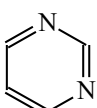
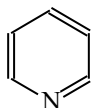
4H-піран



пірол



фуран

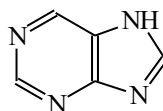


піридин



імідазол

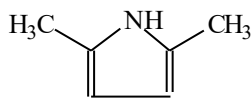
піримідин



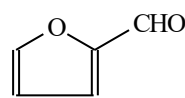
пурин

індол

В раціональній номенклатурі за основу беруть назву певного гетероциклу- фурану, тіофену, піролу, піридину чи іншого, а положення замісників у них позначають цифрами або буквами грецького алфавіту. У п'ятичленних гетероциклах з одним гетероатомом положення 2 і 5 позначають відповідно буквами α і α' , положення 3 і 4 – β і β' . У шестичленних гетероциклах з одним гетероатомом положення 2, 3 і 4 позначають відповідно буквами α , β , γ , а положення 5 і 6 – α' і β' .



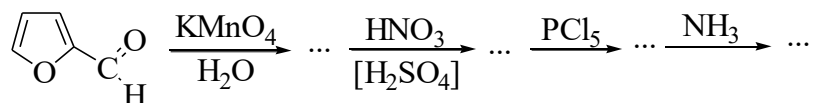
α , α' -диметилпірол



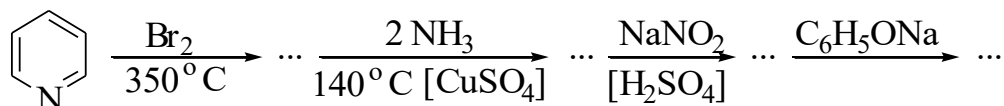
α -фуранкарбальдегід

6.3. Практична частина

1. Напишіть структурні формули: а) пірану; б) фурану; в) пуріну; г) аденіну; д) гуаніну; е) піримідину; ж) тіміну; з) урацилу; і) цитозіну.
2. Напишіть структурні формули: а) α -метилфурану; б) 2-бром-4-метилфурану; в) N-метилпіролу; г) бензофурану; д) α -ацетилтіофену; е) бензотіофену.
3. Напишіть формули таких сполук: а) фурфурол; б) 5-нітрофурфурол; в) 2-карбоксипірол; г) α -тіофенсульфо кислота; д) індол.
4. Наведіть реакції піролу з реагентами: а) CH_3MgI ; б) NaNH_2 ; в) NaNH_2 , потім CH_3I , потім t; г) CH_3MgI , потім CO_2 ; д) CH_3MgI , потім CH_3COCl , потім t. Назвіть одержані сполуки.
5. Заповніть схему перетворень. Назвіть одержані сполуки:



6. З якими із наведених нижче сполук реагує піридин? Наведіть схеми



можливих реакцій: а) HBr ; б) H_2SO_4 , 0°C ; в) H_2SO_4 , SO_3 , 350°C ; г) H_2SO_4 , HNO_3 , 300°C ; д) Br_2 , CCl_4 ; е) Br_2 , 350°C ; ж) KMnO_4 , H_2O ; з) CH_3COOH ; і) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$; к) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$; л) CH_3COCl , AlCl_3 ; м) KOH , H_2O ; н) KOH (тв.), O_2 ; о) NaNH_2 , NH_3 (рід.).

7. Заповніть схему перетворень, назвіть одержані сполуки:

8. Наведіть фуранозні і піранозні циклічні формули D-глюкози. Яка форма більш стійка і чому? Який атом Карбону називають аномерним? Що таке α - і β -аномери?

9. Наведіть формули Фішера α - і β -аномерів D-маннози і D-галактози. Які сполуки називають епімерами?

10. Наведіть схеми циклоланцюгового таутомерного перетворення D-глюкози і D-фруктози у водних розчинах. Назвіть усі форми цих цукрів. Яке явище називають мутаротацією?

11. Які вуглеводи називають дисахаридами? Що таке глікозидний зв'язок? Яку будову має сахароза? Наведіть схему гідроліза сахарози. Чому продукт гідролізу називають інвертним цукром?

12. Напишіть структурні формули мальтози, лактози, целлобіози і сахарози. Чи будуть реагувати ці дисахариди з реактивом Толленса $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$? Чи можуть вони існувати в α - і β -формах? Назвіть монози, які утворюються при гідролізі цих дисахаридів.

13. Який полісахарид називають крохмалем? Які властивості він має? Який дисахарид і моносахарид будуть продуктами його гідролізу? Яку будову мають полімерні ланцюги крохмалю?

14. Охарактеризуйте властивості клітковини (целюлози). Наведіть будову відрізка молекули целюлози. В чому полягає найбільш істотна різниця цього полісахариду від крохмалю?

15. Напишіть структурні формули рибози і дезоксирибози. Яка головна роль цих моносахаридів у природі?

16. Напишіть формули таких сполук: а) метил- α -D-глюкопіранозид; б) метил- β -D-галактопіранозид; в) метил- α -D-фруктофуранозид.

17. Напишіть проєкційні формули D- і L-глюкози. Який із атомів Карбону визначає віднесення глюкози до D- чи L-ряду?

18. Напишіть формули відкритої і циклічних форм D-фруктози.

19. Звичайна фруктоза обертає площину поляризації вліво. Чому вона називається D-фруктозою?

20. Чим відрізняється будова крохмалю від будови клітковини (целюлози)?

21. Напишіть формулами Хеуорса наступні біози: а) 4-(α -D-глюкопіранозил)-D-глюкопіранозу; б) α -D-глюкопіранозил- α -D-глюкопіранозид; в) 4-(β -D-галактопіранозил)-D-глюкопіранозу.

22. Напишіть проєкційні формули α -D- і β -D-галактози, α -D- і β -D-фруктози.

23. Напишіть формули таких сполук: а) метил- β -D-глюкопіранозиду; б) метил- α -L-глюкопіранозиду; метил- β -D-фруктофуранозиду.

24. Напишіть реакції глюкози з такими сполуками: а) Br_2 (H_2O); б) HNO_3 ; в) NaBH_4 ; г) $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$; д) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$; е) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$; ж) CH_3OH (HCl). В якій формі реагує глюкоза у кожній реакції?

25. Наведіть хімічні реакції, які доводять наявність в молекулі глюкози: а) нормального ланцюга атомів Карбону; б) альдегідної групи; в) п'яти гідроксильних груп; г) глюкозидного (напівацетального) гідроксилу.

26. Напишіть рівняння реакції утворення “срібного дзеркала” для альдопентози. Чому харчовий цукор не дає цієї реакції, а інвертований – дає?

27. Чому мальтоза відновлює реактив Фелінга, а сахароза не відновлює? Напишіть відповідні рівняння реакцій.

28. Напишіть реакцію лактози з такими речовинами: а) оцтовим ангідридом; б) гідроксиламіном; в) фенілгідразином.

29. За допомогою яких реакцій можна відрізнити сахарозу від лактози? Наведіть відповідні рівняння реакцій.

Лабораторна робота № 6

Хімічні властивості вуглеводів

6.1. Мета: вивчити якісні реакції на моно-, ди-, полісахариди

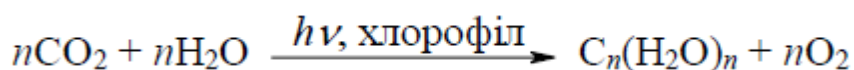
Установки, прилади, лабораторний посуд, реактиви: глюкоза; фруктоза; сахароза; крохмаль; клітковина; арабіноза; 10%-й спиртовий розчин α -нафтолу; льодова оцтова кислота; гідрогенхлорид фенілгідрозину; гідроксид і ацетат натрію; гуміарабік; анілін; резорцин; фелінгова рідина; зерна гіркового мигдалю, слив, абрикос, вишень; пробірки; маленька ступка з пестиком; зворотний холодильник; скляні палички; фільтрувальний папір; сахароза; мальтоза; лактоза; молоко; льодова оцтова кислота; фелінгова рідина; хлоридна, сульфатна, нітратна кислоти; гідрогенхлорид фенілгідрозину; гідроксид і ацетат натрію; нітрат аргентуму; амоніак; сульфат кобальту; сульфат нікелю; сульфат купруму (II); фільтрувальний папір; крохмаль; клітковина; анілін; флороглюцин; фелінгова рідина; йод; гідроксид барію; сульфатна, хлоридна і нітратна кислоти; гідроксид натрію; амоніак; сульфат купруму (II); карбонат купруму; бульби картоплі; зерна кукурудзи; зерна пшениці; соснова скалка; фільтрувальний і газетний папір; вата; дерев'яні ошурки; висівки.

6.2. Теоретичні відомості

Вуглеводи дістали таку назву тому, що їх раніше розглядали як сполуки Карбону з водою (гідрати Карбону) з загальною формулою $C_n(H_2O)_n$. Вуглеводи називають також сахарами або карбогідратами.

Вуглеводи дуже поширені в природі і мають виняткове значення в харчовій промисловості і життєдіяльності тваринних і рослинних організмів, так як є джерелом енергії для біологічних систем. Поряд з білками, нуклеїновими кислотами і ліпідами вони є основними компонентами, з яких формуються клітини організмів людей і тварин.

У природі вуглеводи утворюються в рослинах із CO_2 і H_2O під дією сонячної енергії і природного каталізатора хлорофілу. При цьому відбувається складний хіміко-біологічний процес фотосинтезу вуглеводів, який схематично можна представити так:



В рослинах вуглеводи накопичуються як запасні поживні речовини (крохмаль, глікоген), або відіграють роль опорного матеріалу (клітковина).

Нарівні з жирами і білковими речовинами вуглеводи є основними компонентами їжі для людей і тварин. На добу дорослій людині необхідно 400...500 г вуглеводів.

За здібністю до реакцій гідролізу всі вуглеводи поділяють на дві великі групи: *моносахариди (монози)* – не здатні до реакції гідролізу і

полісахариди (поліози) – здатні до реакції гідролізу з утворенням найпростіших вуглеводів.

Моносахариди (монози) – найпростіші сахаристі речовини. Вони є продуктами гідролізу полісахаридів.

Загальна назва моносахаридів складається з назви числівника, що відповідає загальній кількості атомів Карбону (*три-, тетра-, пента-, гекса-* і т.д.) і закінчення **-оза**. Так, моносахариди з п'ятьма атомами Карбону – пентози, з шістьма – гексози.

За функціональною групою моносахариди поділяють на альдози і кетози. Повну загальну назву моносахариду утворюють з префікса **альдо-** або **кето-**, до якого додають назву числівника і закінчення **-оза**. Так, моносахариди пентози $C_5H_{10}O_5$, що мають альдегідну групу називаються *альдопентозами* (рибоза, арабіноза, ксилоза, ліксоза), а з кетонною групою – *кетопентозами* (рибулоза, ксилулоза).

Найбільше значення з природних сахаридів мають пентози та гексози. Триози (гліцериновий альдегід, дигідроксиацетон) не вважається сахарами через суттєву відмінність їх хімічних властивостей від інших моносахаридів, а тетрози в природі не зустрічаються.

Родоначальником генетичного ряду моносахаридів є гліцериновий альдегід. Якщо в його молекулі гідроксил біля хірального (асиметричного) атома Карбону знаходиться справа – D-конфігурація гліцеринового альдегіду, а зліва L-конфігурації

З цих сполук можна отримати синтетичним методом генетичні ряди D- або L-моносахаридів, методом альдольної конденсації з мурашиним альдегідом і отримати відповідні D- або L-генетичні ряди від тетроз до гексоз.

Віднесення вуглеводів до D- або L-ряду залежить від конфігурації (розміщення H- і OH-груп) у найбільш віддаленого асиметричного атома Карбону від карбонільної групи на відміну від гідроксикислот і амінокислот для яких конформація визначається за верхнім хіральним атомом.

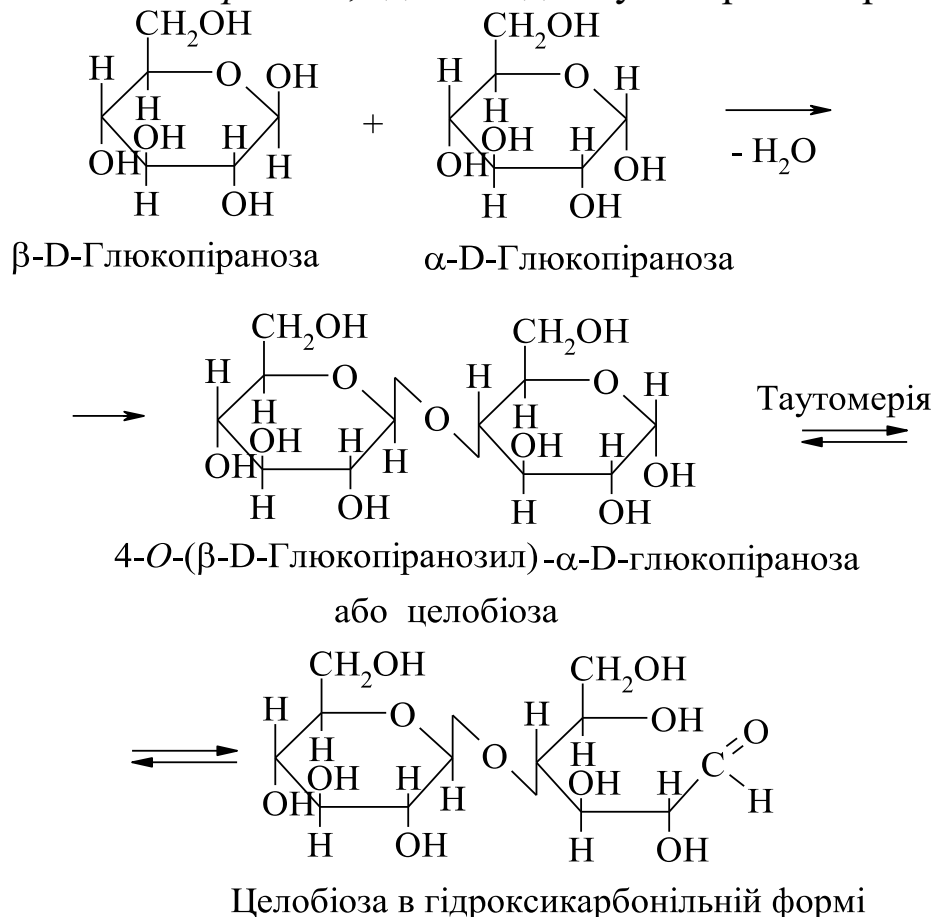
Дисахариди належать до складних вуглеводів, або олігосахаридів. Вони складаються з двох залишків моносахаридів, сполучених між собою глікозидним зв'язком. Під час гідролізу вони розпадаються на дві молекули моносахаридів. Дисахариди – природні речовини, містяться у плодах, овочах і утворюються за умови часткового гідролізу полісахаридів. До дисахаридів належать сахароза, трегалоза, лактоза, мальтоза, целобіоза та ін.

Усі дисахариди, які складаються з залишків гексоз, мають одну формулу – $C_{12}H_{22}O_{11}$. Це тверді речовини, добре розчинні у воді, оптично активні, солодкі на смак і широко використовуються у харчовій

промисловості.

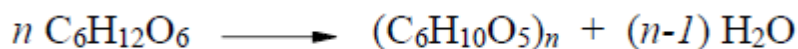
За будовою і хімічними властивостями дисахариди поділяються на дві групи: *відновлювальні* і *невідновлювальні*.

Відновлювальні дисахариди утворюються у результаті відщеплення води з двох моносахаридів за рахунок напівацетального гідроксиду однієї молекули моносахариду і спиртового гідроксилу другого моносахариду. До них відносяться: мальтоза, целобіоза, лактоза. Ці дисахариди мають один вільний *глікозидний гідроксил*, здатний до таутомерних перетворень:



Вищі несахароподібні вуглеводи, або *полісахариди*, – це природні високомолекулярні речовини (біополімери), молекули яких складаються з великої кількості однакових або різних залишків моносахаридів. Вони поділяються на гомополісахариди (гомоглікани), молекула яких складається із залишків якогось одного простого вуглеводу, і гетерополісахариди (гетероглікани), молекули яких містять залишки різних простих вуглеводів та їх похідних.

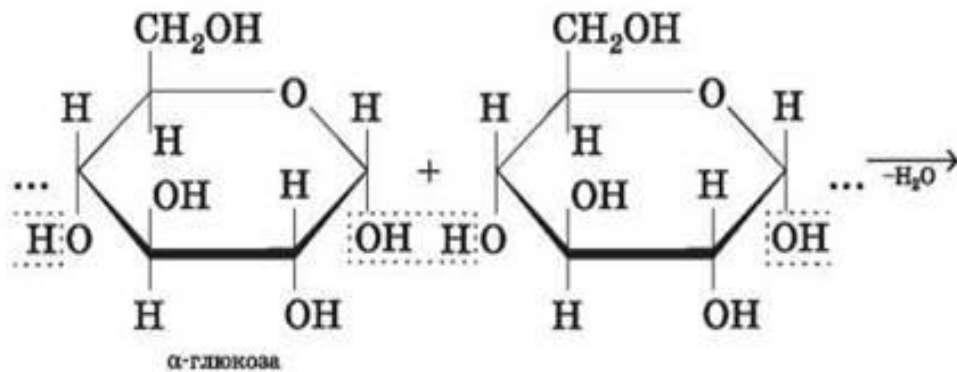
Утворення полісахаридів відбувається шляхом поліконденсації молекул моносахаридів:



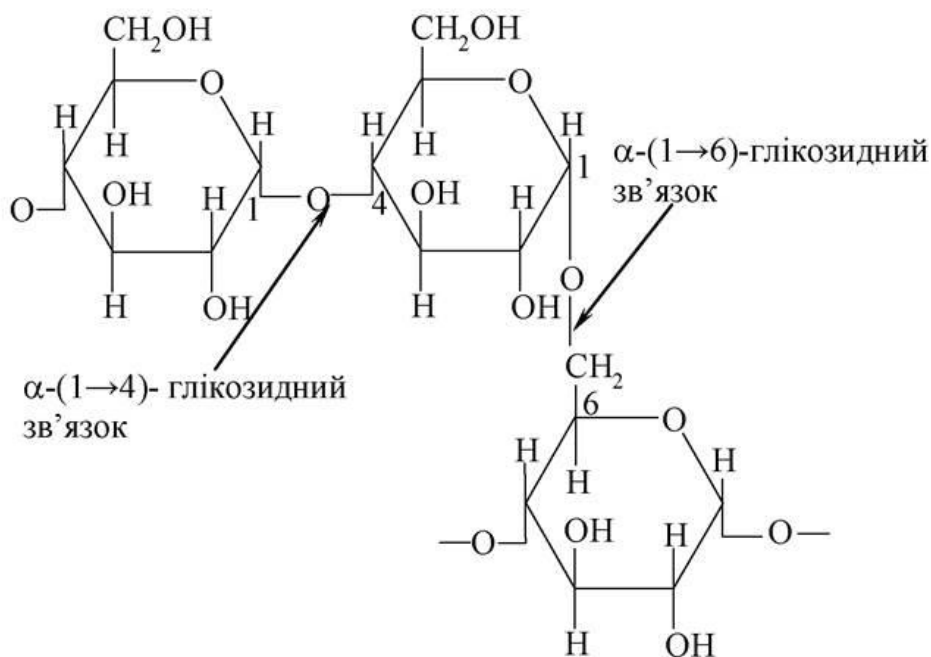
Полісахариди побудовані подібно до дисахаридів: залишки циклічних форм моносахаридів у молекулах полісахаридів сполучені між собою кисневими містками, в утворенні яких беруть участь глікозидний

гідроксил одної молекули і гідроксил четвертого (в більшості випадків) атома Карбону іншої молекули моносахариду.

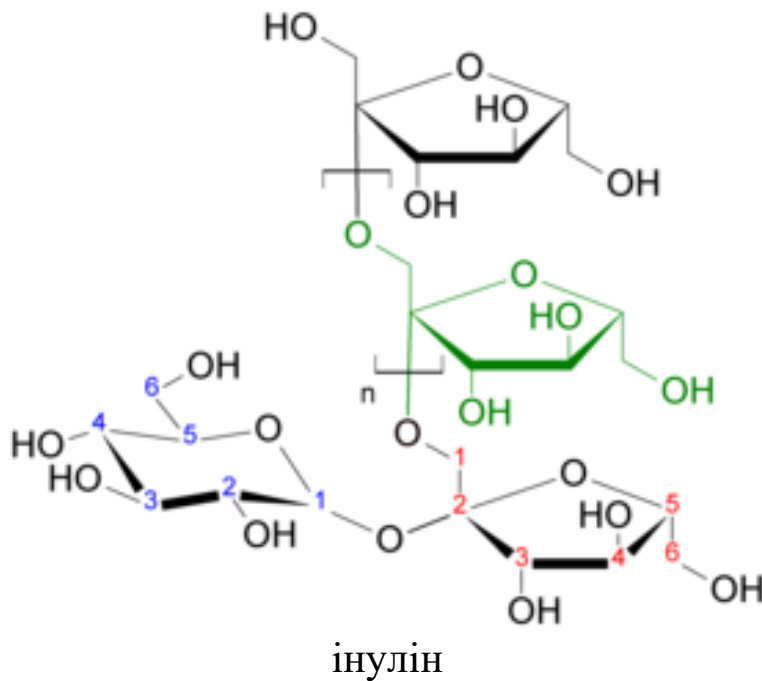
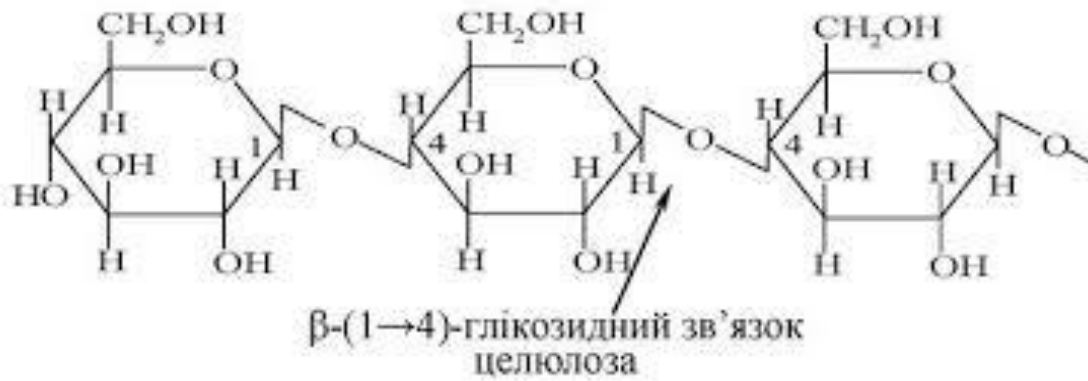
Основними представниками вищих полісахаридів є крохмаль, клітковина (целюлоза), глікоген (тваринний крохмаль), інулін тощо. До полісахаридів відносять і пентозани загальної формули $(C_5H_8O_4)_n$, у будові яких беруть участь не гексози, а пентози.



амілоза



амілопектин



6.3. Експериментальна частина

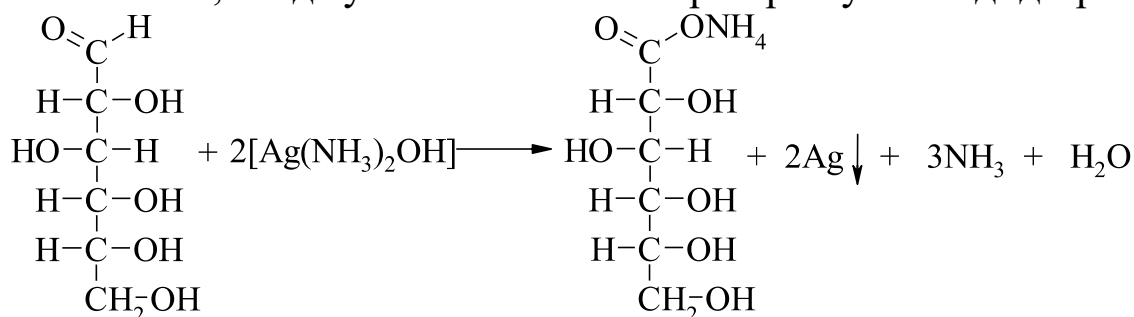
Дослід 6.3.1. Якісна реакція на вуглеводи з α-нафтолом (реакція Моліша)

В окремі пробірки беруть по 0,1...0,2 г різних вуглеводів: глюкозу, фруктозу, сахарозу, крохмаль, клітковину тощо. У кожен пробірку додають по 2...3 см³ води і 3...4 краплі 10%-го спиртового розчину α-нафтолу. Вміст пробірок перемішують і обережно, щоб рідина не змішалась, додають по 1,5...2 см³ концентрованої сульфатної кислоти, що опускається на дно пробірки. На межі двох шарів спостерігається красиве червоно-фіолетове кільце, що вказує на утворення фурфуролу.

Реакцію з α-нафтолом дають всі вуглеводи. Поява забарвлення зумовлена розкладом молекули вуглеводу під дією концентрованої сульфатної кислоти з утворенням фурфуролу або його похідних, які вступають у реакцію конденсації з α-нафтолом, утворюючи забарвлені речовини.

Дослід 6.3.2. Окиснення моноз аргентум(I) оксидом (реакція срібного дзеркала)

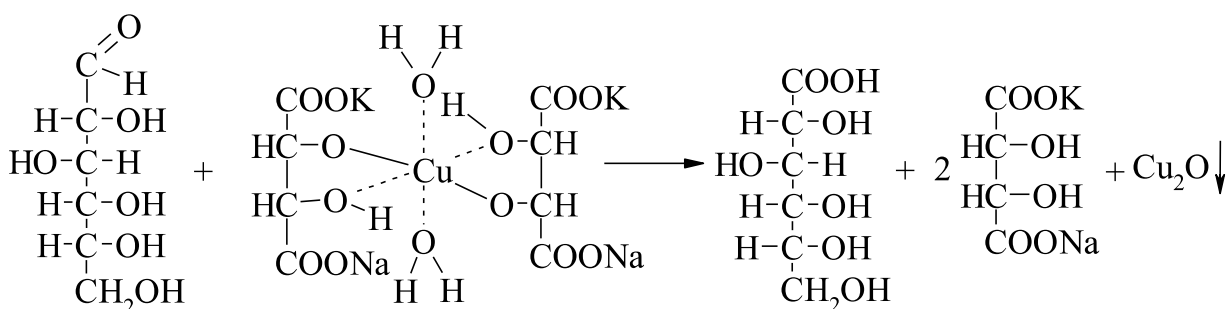
У чисту пробірку, вимиту гарячим лугом і промиту дистильованою водою, наливають 3 мл амоніачного розчину аргентум гідроксиду і приливають рівний об'єм 3%-го розчину глюкози. Пробірку нагрівають на водяній бані за температури 70...90°C. Срібло, що виділяється у процесі окиснення глюкози, осаджується на стінках пробірки у вигляді дзеркала:



Дослід 6.3.3. Окиснення глюкози реактивом Фелінга

У пробірку наливають 1...2 см³ фелінгової рідини, додають 2 см³ 1%-го розчину глюкози й обережно нагрівають суміш на полум'ї пальника. Забарвлення рідини змінюється. Реакція фелінгової рідини з глюкозою проходить дуже складно, але її кінцевим результатом є окиснення глюкози й утворення купрум (I) оксиду.

Реактив Фелінга, так само як і амоніачний розчин оксиду аргентуму, служить для виявлення карбонільної групи у сахарах:



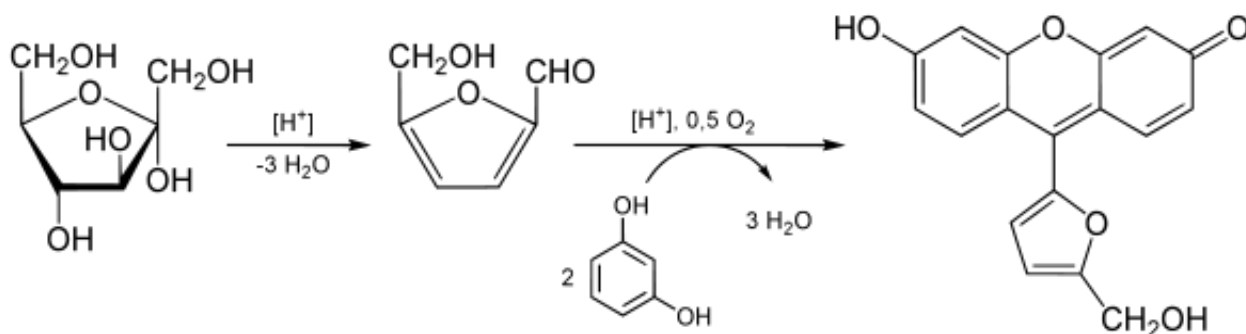
Дослід 6.3.4. Реакція Селіванова на кетогексози

До 2...3 см³ 1%-го розчину фруктози приливають 2 см³ реактиву Селіванова і нагрівають на водяній бані. З'являється вишнево-червоне забарвлення. Воно залежить від взаємодії гідроксиметилфурфуролу, що утворився, з резорцином.

Аналогічно можна визначити наявність фруктози в меді. Для цього замість розчину фруктози беруть 5%-й розчин меду.

Альдогексози в цих умовах реагують значно повільніше, і розчин забарвлюється лише в слабко-рожевий колір.

Реакція Селіванова дає змогу виявити фруктозу не тільки у вільному стані, а й у сполученому, наприклад у буряковому цукрі, оскільки в умовах реакції за наявності хлоридної кислоти буряковий цукор легко гідролізується.



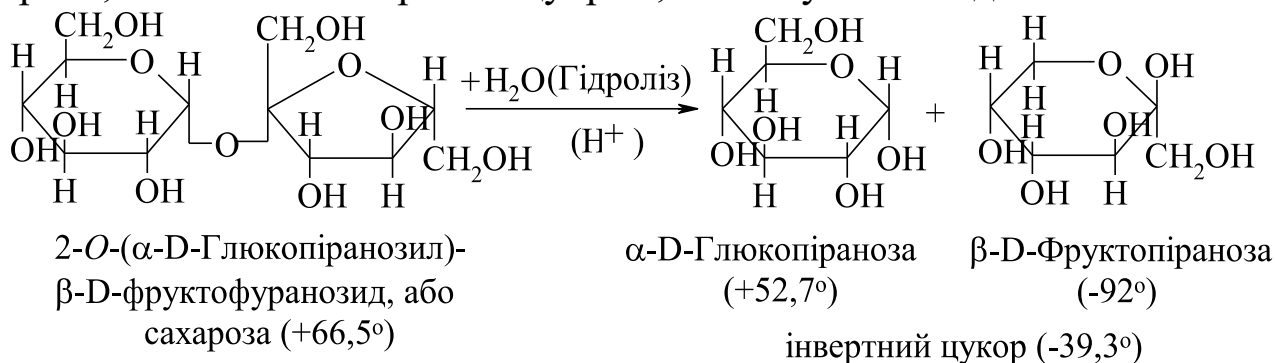
Дослід 6.3.5. Гідроліз (інверсія) сахарози

У пробірку наливають 4 см³ 2%-го розчину сахарози, кілька крапель розбавленої сульфатної кислоти і кип'ячать протягом 3...5 хв. Частину одержаного таким чином інвертного цукру після охолодження нейтралізують розчином натрій гідроксиду до слабколужного середовища, додають фелінгову рідину і знову нагрівають. Моносахариди, утворені в результаті гідролізу, відновлюють фелінгову рідину з виділенням червоного осаду купрум (I) оксиду.

Без попереднього гідролізу сахароза фелінгову рідину не відновлює.

З другою частиною гідролізату проводять реакцію Селіванова. До розчину додають концентровану хлоридну кислоту, кристалик резорцину і нагрівають. З'являється вишнево-червоне забарвлення, що вказує на наявність у гідролізаті фруктози.

Під час гідролізу сахарози відбувається зміна напрямку обертання площини поляризованого світла. Сахароза має кут обертання (+) 66,5°, продукт гідролізу є сумішшю глюкози і фруктози набуває лівого обертання. (+52,7° - 92° = -39,3°). Така зміна кута обертання з правого на лівий називається інверсією (від лат. *inversia* – перевертання). Суміш глюкози і фруктози в рівних кількостях, що утворюється після гідролізу, сахарози, називають інвертним цукром, або штучним медом:



Після гідролізу сахарози фруктоза в вільному стані знаходиться в більш

стійкій піранозній формі.

Дослід 6.3.6. Якісна реакція на сахарозу

У пробірку наливають 2...3 см³ водного розчину сахарози, додають кілька крапель водного розчину (1:50) кобальт сульфату (CoSO₄) і надлишок розчину натрій гідроксиду. З'являється фіолетове забарвлення. Реакція дуже чутлива і дає позитивні результати за розбавлення цукру 1:10000.

Дослід 6.3.7. Клейстеризація крохмалю

Промитий сухий крохмаль (1 г) розтирають у ступці з 5 см³ води. Суспензію виливають у склянку з 50 см³ киплячої води при ретельному перемішуванні. Крохмаль набухає. Утворюється майже прозорий розчин крохмального клейстеру.

6.4. Висновки

6.5. Контрольні питання

1. Поясніть явище таутомерії на прикладі молекули глюкози.
2. Наведіть відмінності в будові глюкози і фруктози
3. Чому не всі дисахариди мають відновлювальні властивості?
4. Наведіть відмінності в будові крохмалю та клітковини?
5. Поясніть будову молекули мальтози і назвіть реакцію, при якій вона утворюється.
6. Поясніть будову молекули сахарози. Чи виявляє вона відновлювальні властивості?
7. Поясніть будову молекули лактози. Чи виявляє вона відновлювальні властивості?
8. Наведіть реакцію утворення крохмалю (амілози).
9. Наведіть реакцію утворення клітковини.

Список використаних джерел

1. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.; підруч. За ред. Ю.І. Губського, І. В. Ніженковської К.: Медицина, 2016. - 544 с.
2. Бобрівник Л. Д. Органічна хімія / Л. Д. Бобрівник, В. М. Руденко, Г.О. Лезенко. – К.; Ірпінь : Перун, 2002. – 544 с.
3. Зіменковський Б.С., Музиченко В.А. Біоорганічна хімія. - Львів, «Кварт» 2009: 402с.
4. Кравченко Е. Ф. Органічна хімія : навч. посібн. у 2 частинах. Ч. І. Вуглеводні й оксигеновмісні похідні / Е. Ф. Кравченко, Н. В. Мурликіна. –Х.: ХДУХТ, 2004. – 224 с.
5. Навчальний посібник з органічної хімії для студентів фармацевтичного факультету, ред. Б.С. Зіменковського, Львів, ЛНМУ, 2013, 316с.
6. Неорганічна та органічна хімія: навч. посіб. - 2-ге вид., випр. і доп. Цветкова Л. Б., Романюк О. П. Л.: Магнолія-2006, 2016. - 358 с.
7. В.П. Черних, Б.С.Зіменковський, І.С. Гриценко. Органічна хімія. Харків, Вид-во НФаУ, «Оригінал», 2008 – 778 с.
8. Ранський, А. П. Органічна хімія і екологія : навч. посібник : в 2-х ч. Ч. 1: Теоретичні основи органічної хімії. Аліфатичні вуглеводні/Анатолій Петрович Ранський. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 120 с.
9. Хімія: Навч. посіб. Слободяник М.С. Гордієнко О. В., Корнілов М. Ю. та ін К.: Либідь, 2003. - 352 с.
10. Шульга С.І.,Шульга О.С. Органічна хімія. Практикум. Навч.посіб.- К.: НУХТ, 2014.-440 с.