

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ХІМІЯ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ.
МОДУЛЬ 4 «ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»**

Методичні вказівки
до виконання контрольної 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 30.09.2022 р

Чернігів 2022

Хімія в харчових технологіях. Модуль 4 «Органічна хімія»: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Харчові технології та інженерія» (освітній ступінь бакалавр) всіх форм навчання / Укл.: Замай Ж.В.- Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022.- 38 с.

Укладач:

Замай Жанна Василівна,
*кандидат технічних 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:

Гуменюк О.Л., кандидат хімічних наук, доцент
*кафедри харчових технологій Національного
університету «Чернігівська політехніка»*

ЗМІСТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	4
ВИБІР ВАРІАНТУ ЗАВДАННЯ	6
ТИПОВІ НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТА ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ	7
ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	25
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	38

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Під час вивчення курсу "Хімія в харчових технологіях. Модуль 4 «Органічна хімія» студенти денної форми навчання відповідно до освітньої програми «Харчові технології та інженерія» виконують контрольну роботу.

Мета контрольної роботи – зміцнити, поглибити та узагальнити знання, набуті під час лекційних, лабораторних занять та самостійної роботи з літературою.

Кожний варіант контрольної роботи містить 7 практичних вправ, зміст яких охоплює основні розділи органічної хімії.

Під час виконання контрольної роботи необхідно користуватися теоретичними відомостями, наведеними в літературних джерелах, що вказані у списку рекомендованої літератури.

Варіант завдання контрольної роботи відповідає номеру прізвища студента в академічному журналі групи

Контрольна робота здається на перевірку викладачеві у чітко вказані ним терміни. Після перевірки роботи викладачем, за наявності зауважень, мають бути зроблені необхідні виправлення; не зараховані роботи повертаються на доопрацювання. У разі не відповідності варіанту контрольна робота не рецензується.

Виконану роботу треба підписати і зазначити дату виконання. Після рецензування студент захищає контрольну роботу в формі співбесіди з викладачем.

Студенти, які не подали або не захистили контрольну роботу у встановлений навчальним графіком термін, до заліку не допускається.

Перед виконанням контрольної роботи треба уважно опрацювати відповідні розділи курсу.

Оформлення контрольних робіт

1. На першій сторінці зошита необхідно вказати номери завдань, які треба

виконувати.

2. Робота повинна бути написана розбірливо, акуратно, грамотно. Формули необхідно писати чітко.

3. Формулювання кожного завдання слід дослівно записати, після чого оформлювати відповідь.

4. На кожній сторінці необхідно залишати поля для зауважень викладача.

5. У кінці роботи необхідно навести перелік використаної навчальної літератури, дату виконання роботи та підпис.

6. Не дозволяється переносити формули органічних сполук з одного рядка на інший (крім формул пептидів).

7. Усі схеми реакцій необхідно писати із зазначенням умов реакції (температури, тиску, каталізатору та ін.).

8. Слова необхідно писати повністю, уникаючи скорочень.

9. Під час оформлення не застосовувати скорочення у вигляді комбінації слів та хімічних символів, зокрема: «Na хлорид», «висока t ». Слід писати «натрій хлорид» або NaCl, «висока температура» або $t = 450^{\circ}\text{C}$.

Структурні формули ароматичних сполук необхідно зображувати у вигляді циклів.

ВИБІР ВАРІАНТУ ЗАВДАННЯ

Варіант обирається здобувачами вищої освіти за порядковим номером у деканатському списку академічної групи.

Таблиця – Варіанти завдань

Порядковий номер в списку групи	Номери завдань з переліку						
1	1	31	61	3	11	63	5
2	2	32	62	4	12	64	6
3	3	33	63	5	13	65	7
4	4	34	64	6	14	66	8
5	5	35	65	7	15	67	9
6	6	36	66	8	16	68	10
7	7	37	67	9	17	69	11
8	8	38	68	10	18	70	12
9	9	39	69	21	41	71	13
10	10	40	70	22	42	50	14
11	11	41	71	23	43	51	15
12	12	42	72	24	44	52	16
13	13	43	73	25	45	53	17
14	14	44	74	26	46	54	18
15	15	45	75	27	47	55	19
16	16	46	76	28	48	56	20
17	17	47	77	29	49	57	21
18	18	48	78	30	50	58	22
19	19	49	79	31	51	59	23
20	20	50	80	32	1	60	24
21	21	51	81	33	2	11	25
22	22	52	82	34	3	12	26
23	23	53	83	35	4	13	27
24	24	54	84	36	5	14	28
25	25	55	85	37	6	15	29
26	26	56	86	38	7	16	30
27	27	57	87	39	8	1	31
28	28	58	88	40	9	2	32
29	29	59	1	41	10	3	33
30	30	60	2	42	11	4	34

ТИПОВІ НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТА ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Запитання кожної теми даних контрольних робіт можна поділити на п'ять основних типів:

1. Ізомерія та номенклатура органічних сполук.
2. Синтез за допомогою вихідних речовин.
3. Синтез на основі формули будови заданої речовини.
4. Синтез заданої сполуки із зазначеної речовини (іноді зазначається шлях синтезу).
5. Синтез речовини та написання для неї низки хімічних реакцій.

Вуглеводні й оксигеновмісні похідні

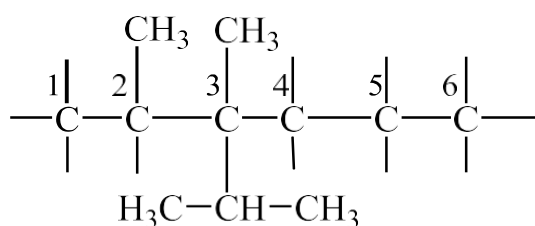
Навчальне завдання № 1

Написати напівструктурну формулу сполуки 2,3-диметил-3-ізопропілгексан. Скласти схему реакції її з хлором (1 моль, за умов опромінення світлом).

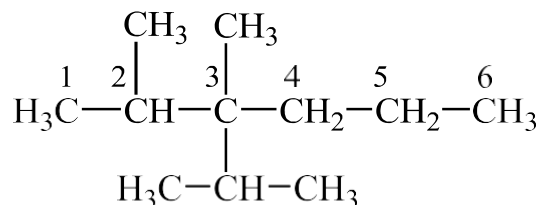
Розв'язання

Загальний підхід. З назви слід визначити, який головний ланцюг буде у зазначеному вуглеводні. Написати і позначити ланцюг атомів Карбону. Визначити в назві замісники і їх місцеположення в головному ланцюгу; розмістити їх біля відповідних атомів Карбону. Після цього залишається біля атомів Карбону головного ланцюга дописати атоми Гідрогену, враховуючи, що валентність атому Карбону в органічних сполуках дорівнює чотирьом.

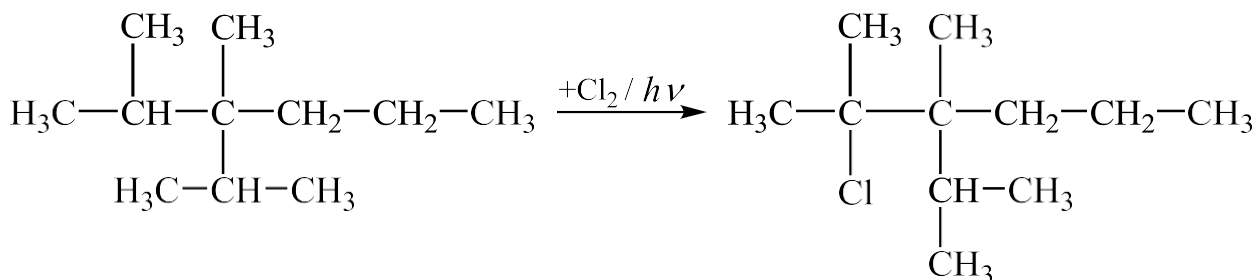
1 етап. Із назви вуглеводню видно, що головний ланцюг у нього - гексан. Біля другого і третього атомів Карбону розміщено замісники: два радикали метил; біля третього атому - радикал ізопропіл:



Після заповнення вільних валентностей атомами Гідрогену формула матиме наступний вигляд:



2 етап. Складаючи схему реакції цього вуглеводню з хлором, необхідно пам'ятати, що для алканів характерними є реакції заміщення, причому, якщо у реакції бере участь розгалужена молекула, то заміщення Гідрогену легше відбуватиметься біля третинного атому Карбону: за даного випадку це атом Карбону № 2.



2,3-Диметил-3-ізопропілгексан
ізопропілгексан

2-Хлор-2,3-диметил-3-

Навчальне завдання № 2

Одержати двома способами (відновленням відповідного алкену та з галогенопохідних за реакцією Вюрца) 2,4-диметилпентан.

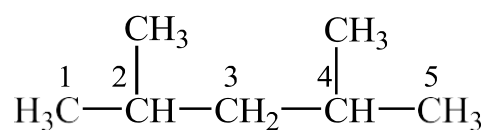
Розв'язання

Загальний підхід. Для синтезу речовини, виходячи з її формули, необхідно:

1. Записати формулу одержуваної речовини.
2. Скласти і написати формулу вихідної речовини.

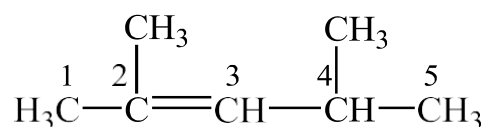
3. Продумати шлях синтезу, написати схему реакції.

1 етап. Виходячи з назви, складаємо формулу речовини, яку слід одержати:

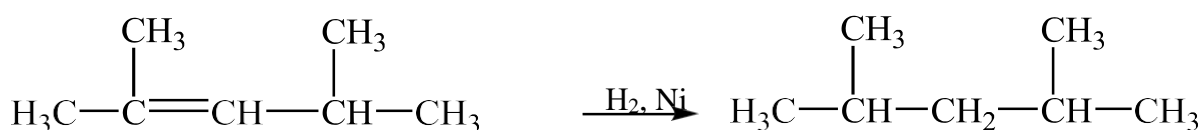


2,4-Диметилпентан

Це алкан. За умовою перший спосіб одержання - з відповідного алкену. Добираємо алкен з таким же карбоновим ланцюгом: подвійний зв'язок може знаходитись між будь-яких двох атомів Карбону, наприклад:



Алкен перетворюється на алкан за умов каталітичного гідрування:

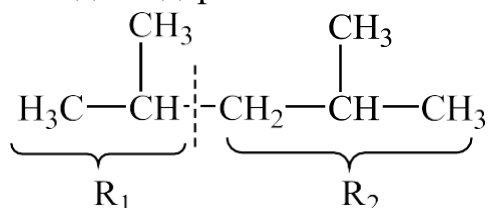


2,4-Диметил-2-пентен

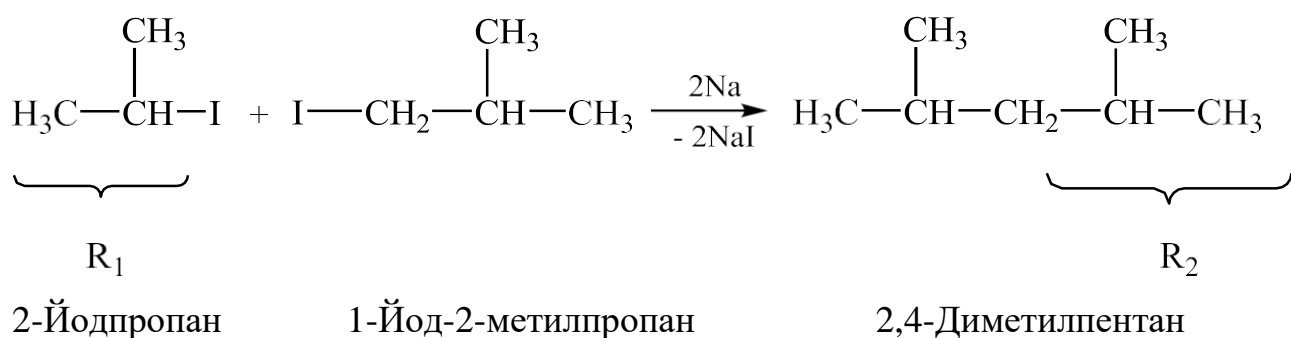
2,4-Диметилпентан

2 етап. Синтез алканів з галогенопохідних з меншою кількістю атомів Карбону, ніж у сполуці, яку слід одержати, проводять у присутності металічного натрію (синтез Вюрца). Для розв'язання задачі необхідно розділити формулу на дві будь-які частини-фрагменти, що і повинні входити до формули вихідних галогенопохідних.

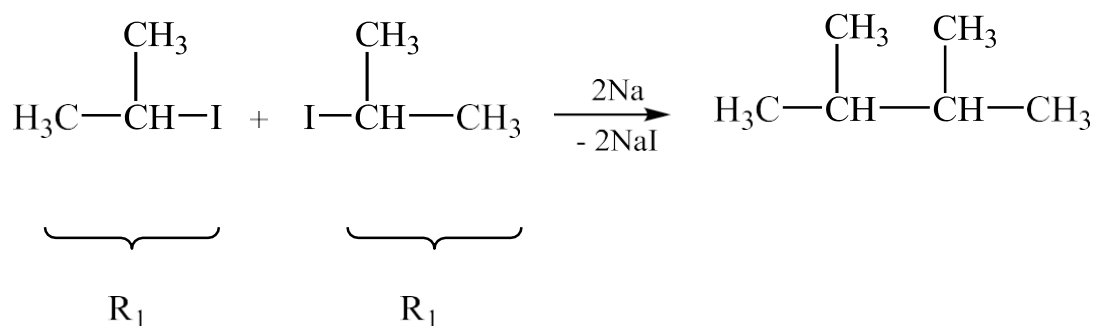
Формула сполуки, яку необхідно одержати:



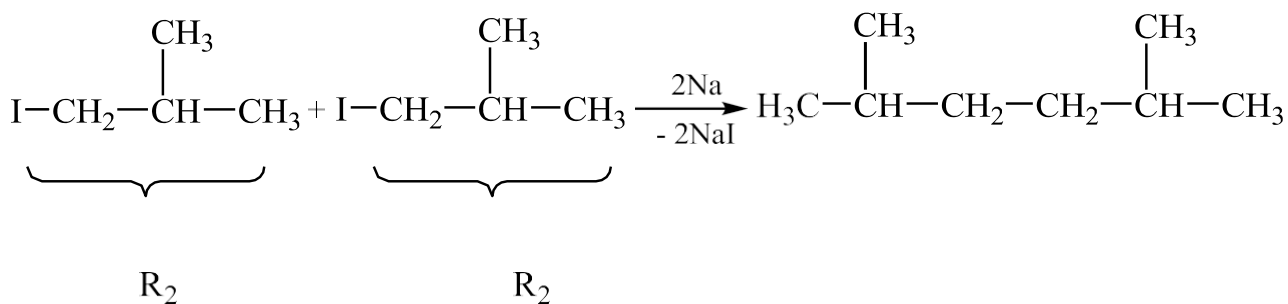
Галогенопохідні вибраних фрагментів вводимо в реакцію:



Але слід пам'ятати, що з суміші двох різних галогенпохідних за реакцією Вюрца завжди утворюється ще дві побічних сполуки:



2,3-Диметилбутан



2,5-Диметилгексан

Суміш алканів, які утворюються в реакції Вюрца, можна розділити за допомогою перегонки.

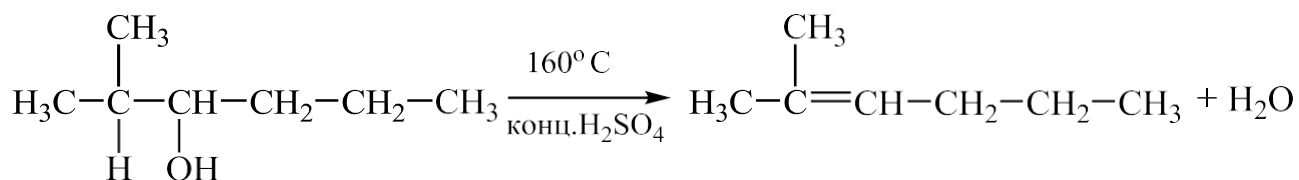
Навчальне завдання № 3

Одержати ненасичений вуглеводень дегідратацією 2-метил-3-гексанолу і на

продукт реакції подіяти гідрогенбромідом. Відповідь підтвердити схемами відповідних реакцій.

Загальний підхід. Виходячи з того, що у назві вихідної сполуки присутній суфікс «ол», то 2-метил-3-гексанол є спиртом. Дегідратація спиртів (відщеплення молекули води) відбувається у присутності водовіднімаючих засобів за умов нагрівання. Дегідратація може бути проведена внутрішньомолекулярно (у такому випадку утворюється алкен) або — міжмолекулярно (у такому випадку утворюється етер), результат залежить від умов проведення реакції.

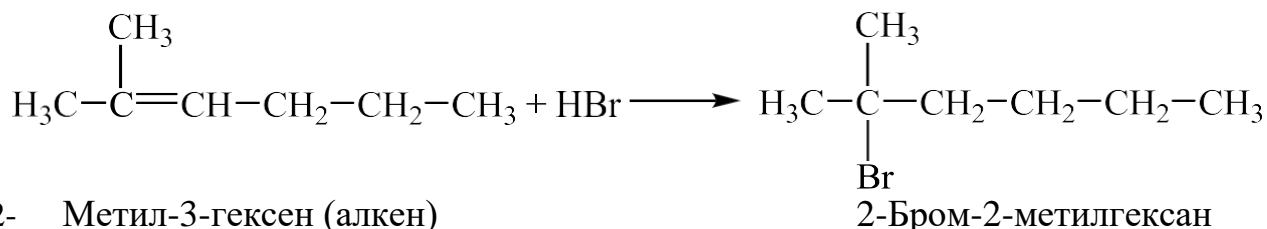
1 етап. За правилом А.М. Зайцева за внутрішньомолекулярної дегідратації Гідроген відщеплюється від найменш гідрогенізованого з сусідніх з гідроксилем атомів Карбону:



2-Метил-3-гексанол (спирт)

2-Метил-3-гексен (алкен)

2 етап. Для 2-метил-2-гексену, як для алкену, характерні реакції приєднання за місцем розриву π -зв'язку. Зображуючи схему реакції приєднання, необхідно пам'ятати правило Марковникова: за місцем розриву π -зв'язку Гідроген приєднується до найбільш гідрогенізованого, а галоген \square до менш гідрогенізованого атому Карбону.



2- Метил-3-гексен (алкен)

2-Бром-2-метилгексан

Навчальне завдання № 4

Написати чотири ізомери складу C_6H_{10} , які можна віднести до алкаді- енів зі

спряженими зв'язками. Для одного з ізомерів написати схеми таких реакцій:

а) з бромною водою; б) полімеризації.

Загальний підхід. Загальна формула C_nH_{2n-2} (до якої можна віднести C_6H_{10}) відповідає гомологічним рядам алкінів і алкадієнів. Алкадієни поділяють на три типи: з кумульованими, ізольованими і спряженими зв'язками. У дієнів зі спряженими зв'язками два подвійні зв'язки розділені одним ординарним зв'язком. У такій системі два ненасичених центри діють як єдине ціле. У зв'язку з цим типові для ненасичених вуглеводнів реакції приєднання відбуваються за двома напрямками: або в положенні 1,4 (за крайніми положеннями системи спряжених зв'язків; між 2 і 3 атомами Карбону утворюється новий подвійний зв'язок), або 1,2-приєднання (традиційно за місцем розриву одного з подвійних зв'язків). Кінцевий результат (приєднання в положенні 1,4 чи в положенні 1,2) залежить від природи реагуючих речовин і умов проведення реакції, але найбільш ймовірно є приєднання в положенні 1,4.

1 етап. Ізомерія ненасичених вуглеводнів зумовлена ізомерією карбонового ланцюгу та ізомерією положення подвійних зв'язків. Виходячи із формули ізомерів, необхідно спочатку будувати схеми карбонових ланцюгів, поступово скорочуючи головний ланцюг, і розташовувати атоми Карбону, що залишилися, у вигляді розгалужених (бічних ланцюгів) в усіх можливих положеннях. Кожний карбоновий ланцюг, що утворюється, може існувати у вигляді декількох ізомерів з різним розміщенням подвійних зв'язків.

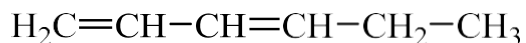
У лінійному ланцюгу з шести атомів Карбону спряжені зв'язки можливо розмістити двома способами:



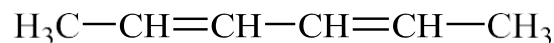
Для третього та четвертого ізомерів одержуємо новий вуглецевий ланцюг:

Повні формули отримуємо після заповнення усіх зв'язків атомів Карбону

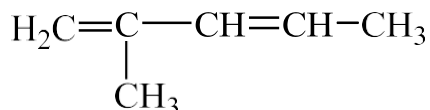
карбонових скелетів атомами Гідрогену:



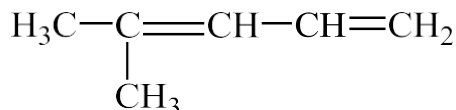
1,3-Гексадієн



2,4-Гексадієн

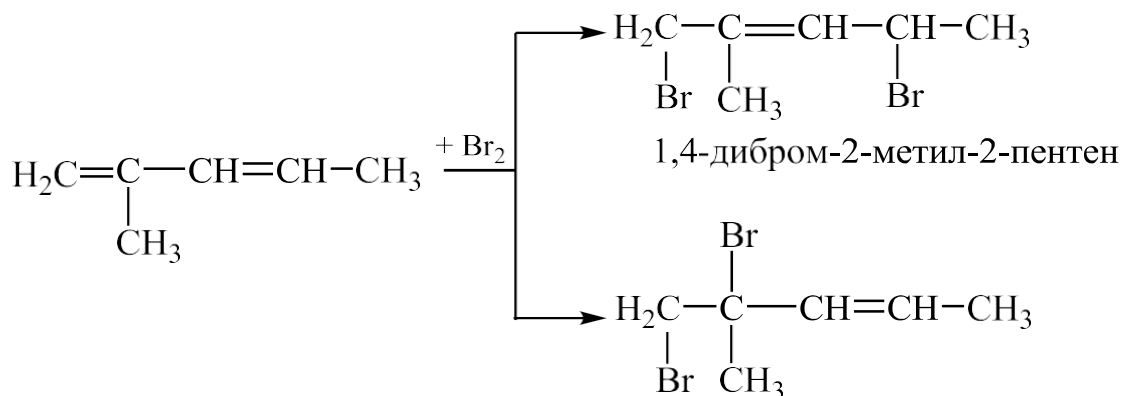


2-Метил-1,3-пентадієн



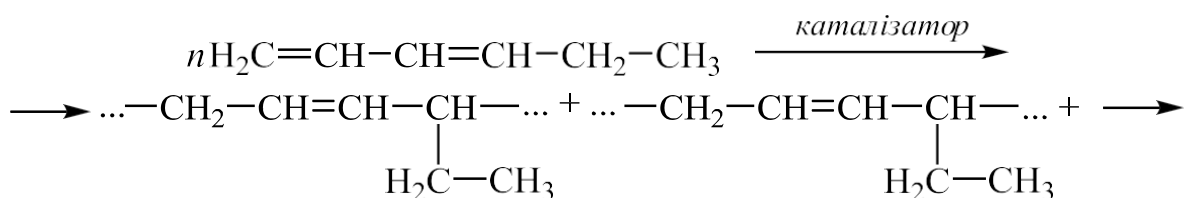
2-Метил-2,4-пентадієн

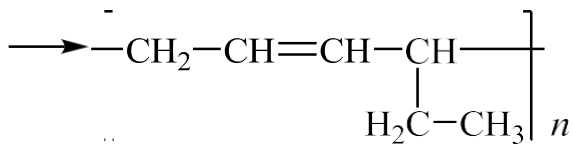
2 етап. Виходячи з того, що для спряжених дієнів більш характерним є 1,4-приєднання, однак, можливим є і 1,2-приєднання, запишемо схему реакції:



1,2-дибром-2-метил-3-пентен

3 етап. Характерною особливістю дієнів зі спряженими зв'язками є їх здатність до полімеризації. Процес полімеризації відбувається за дії каталізаторів, під впливом світла і навіть самочинно. Макромолекула утворюється за рахунок сполучення молекул мономерів у положенні 1,4:

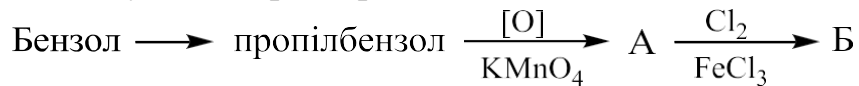




Полімер 1,3-гексадієну

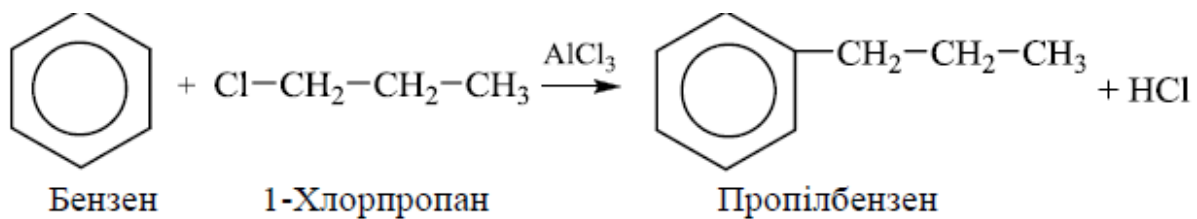
Навчальне завдання № 5

Написати схеми наступних перетворень:

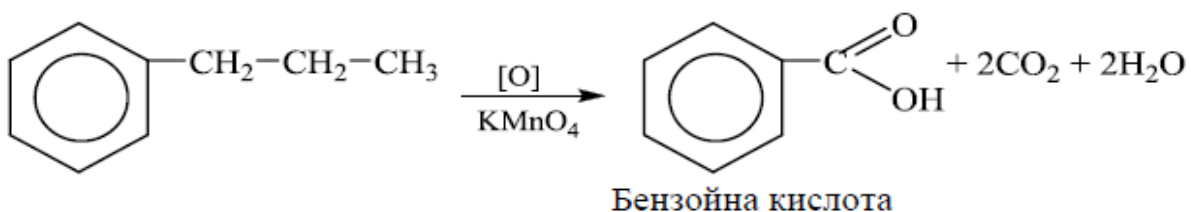


Загальний підхід. Для синтезу сполуки, виходячи з її формули, слід вибрати вихідні сполуки, розбивши формулу необхідної сполуки на фрагменти:

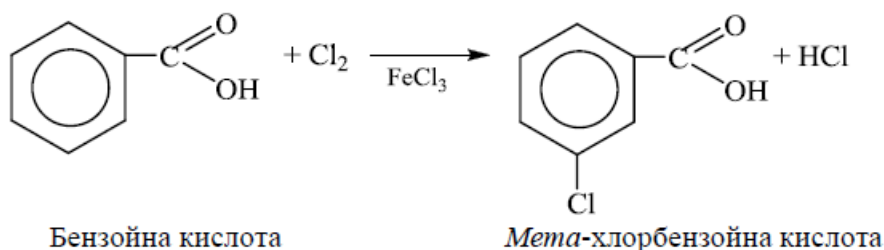
1 етап. Таким чином, у молекулу бензену необхідно ввести алкільний радикал пропіл. Один із методів одержання гомологів бензену - синтез Фріделя-Крафтса. Алкільний радикал вводять у кільце за дії на бензен галоїдалкілів за присутності алюміній хлориду.



2 етап. Бензенове кільце є стійким до дії окисників. Окисненню піддаються бічні відгалуження, причому ланцюги будь-якого складу руйнуються і «згоряють», а в кільці залишається, як замісник, тільки один атом Карбону, який окиснюється до карбоксильної групи. Утворюється ароматична кислота:



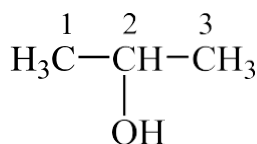
3 етап. За умовою завдання на продукт окиснення необхідно подіяти хлором у присутності ферум(III) хлориду. Це реакція електрофільного заміщення. У похідних бензену (за типом C_6H_{5-x}), які мають замісник, атоми Карбону в кільці нерівноцінні за електронною густиною, тому за уведення іншого замісника можливим стає утворення трьох ізомерів. Місце, куди буде спрямовуватися другий електрофільний замісник, визначатиметься природою замісника, який уже знаходиться в кільці (тобто першого або орієнтуючого замісника). Орієнтуючі замісники в бензеновому кільці поділяють на дві групи: *орто*—*пара*- і *мета*-орієнтанти. Карбоксильна група - це орієнтант II роду, тому наступний замісник буде направлятися в *мета*-положення відносно карбоксильної групи:



Навчальне завдання № 6

Одержати 2-пропанол із відповідного кетону. На 2-пропанол подіяти оцтовою кислотою у присутності концентрованої сульфатної кислоти. На- писати схеми відповідних реакцій і назвати одержані сполуки.

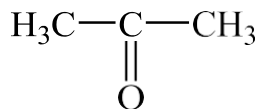
Загальний підхід. Виходячи з назви сполуки, що має суфікс «ол», слід одержати спирт такої будови:



2-Пропанол

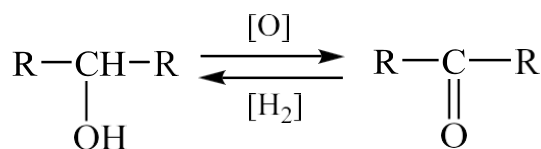
Це вторинний спирт, оскільки гідроксильна група знаходиться біля вторинного

атому Карбону. Кетон, який відповідатиме спирту з таким само числом атомів Карбону, повинен мати такий же карбоновий ланцюг, а карбонільна група повинна знаходитись біля другого атому Карбону (тобто там же, де гідроксил у спирті):



2-Пропанон

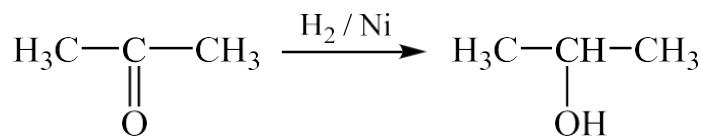
1 етап. Вторинний спирт і кетон генетично зв'язані один з одним взаємними окисно-відновними перетвореннями:



Вторинний спирт

Кетон

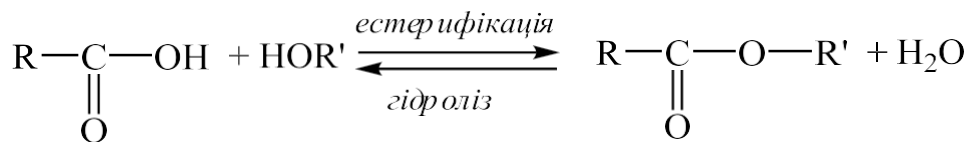
Таким чином, для одержання 2-пропанолу проводимо каталітичне відновлення 2-пропанону:



Пропанон

2-Пропанол

2 етап. Спирти реагують з карбоновими кислотами з виділенням води і утворенням відповідних естерів. Ця реакція називається естерифікацією. Одержані естери під дією води, що виділяється, здатні піддаватися гідролізу:



Кислота

Спирт

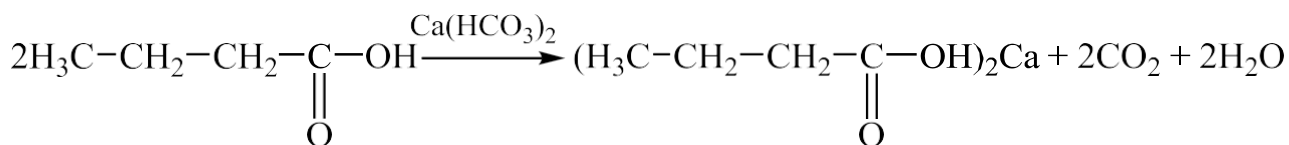
Естер

Вода

Амід масляної (бутанової) кислоти

Масляна (бутанова) кислота

2 етап. У результаті реакцій взаємодії кислот з основами, солями, оксидами або активними металами Гідроген карбоксильної групи кислоти заміщується на метал і утворюються солі карбонових кислот:

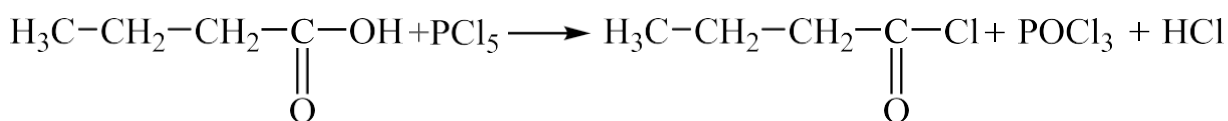


Масляна (бутанова) кислота

Кальцій бутират (бутаноат)

3 етап. Гідроксил у карбоксильній групі може бути заміщений різними атомами або групою атомів. Сполуки, які при цьому утворюються, називають функціональними похідними карбонових кислот .

У реакції взаємодії кислоти з фосфор(V) хлоридом гідроксигрупа заміщується на галоген (атом хлору) з утворенням галогенангідриду:



Масляна (бутанова) кислота

хлорангідрид масляної кислоти

Гетерофункціональні похідні та гетероциклічні сполуки

Навчальне завдання № 1

Написати схему взаємодії α -D-фруктофуранози з 1 моль етилового спирту (за присутності гідрогенхлориду).

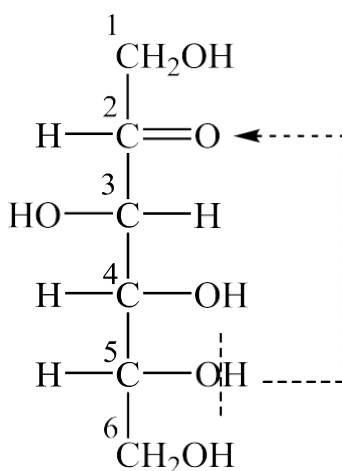
Загальний підхід. α -D-фруктофураноза – представник кетогексоз загальної формули $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Наведена в умові назва D-фруктози свідчить, що вона представлена п'ятичленною (фуранозною) циклічною формою у вигляді α -таутомеру.

Приналежність до D-стереохімічного ряду показує, що конфігурація найбільш віддаленого від карбонільної групи асиметричного атому Карбону така, як і конфігурація D-гліцеринового альдегіду. Тому в проєкційній структурній

формулі гідроксигрупу розміщують праворуч.

I етап. Моносахариди у водних розчинах існують у п'яти таутомерних формах: в оксо- або карбонільній (нециклічній) і чотирьох циклічних напівацетальних формах (два п'ятичленних цикли – фуранозні форми і два шестичленних – піранозні форми).

Спочатку записують оксоформу D-фруктози, використовуючи проекційну формулу Фішера. Карбонільна група утворюється вторинним атомом Карбону, тому D-фруктоза є кетогексозою. Приналежність до D-ряду визначають за конфігурацією п'ятого атому Карбону.

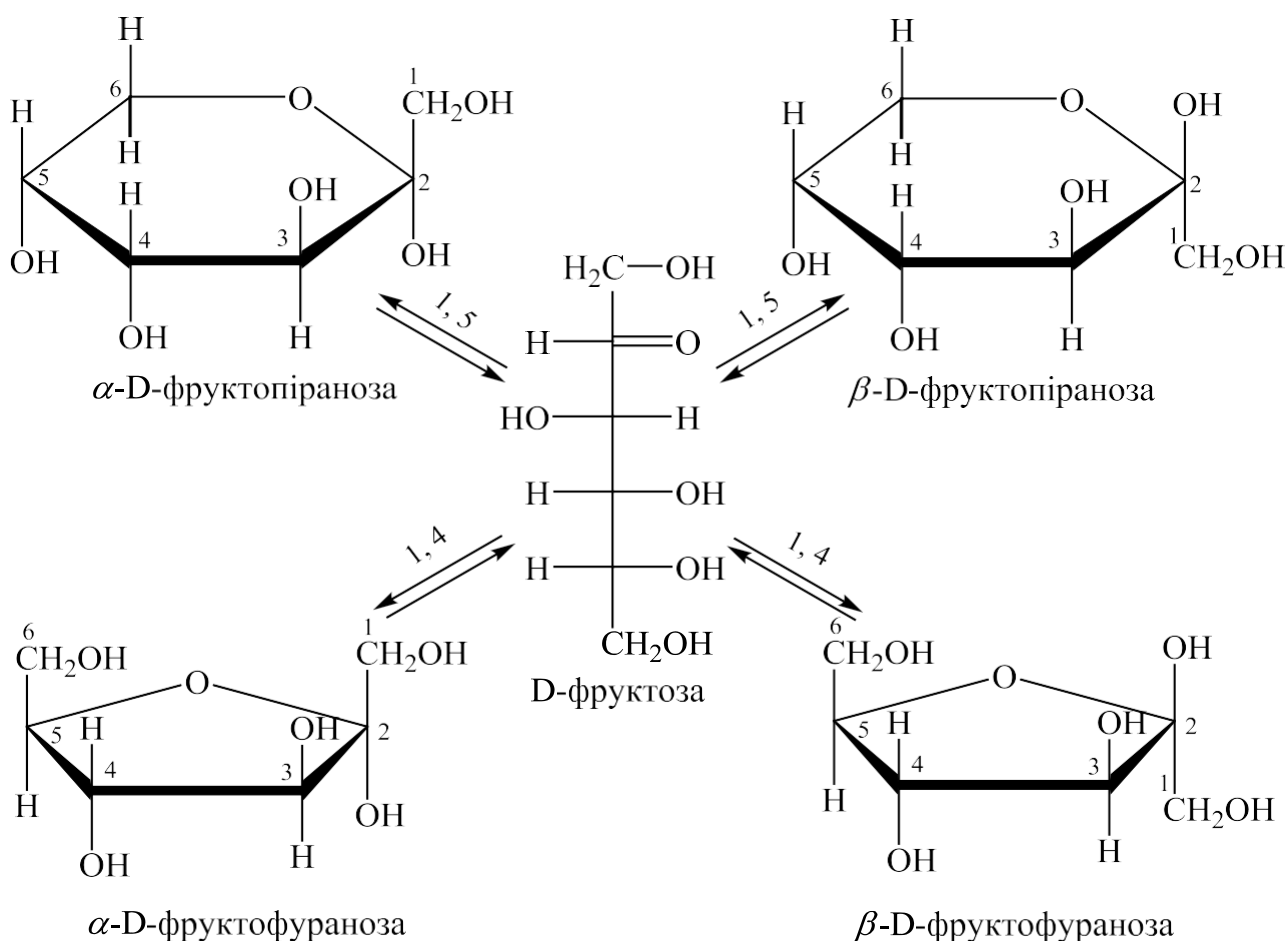


Утворення циклічних форм відбувається за рахунок таких перетворень: атом Гідрогену спиртової гідроксигрупи переходить до карбонільного Оксигену (за місцем розриву подвійного зв'язку), а Оксиген цього гідроксилу зв'язується з другим атомом Карбону. Якщо в перетвореннях бере участь гідроксил біля п'ятого атому Карбону, то утворюється п'ятичленний цикл, а якщо бере участь гідроксил біля шостого атому Карбону – утворюється шестичленний цикл (тобто відбувається 1,5- або 1,4- взаємодія). Другий атом Карбону, який в оксоформі був карбонільним Карбоном, називають напівацетальним атомом Карбону, а зв'язана з ним гідроксигрупа – напівацетальним або глікозидним гідроксидом. Цей атом Карбону в циклі стає асиметричним атомом і тому кожна напівацетальна форма, як піранозна, так і фуранозна, існують у вигляді двох стереоізомерів з протилежним просторовим розміщенням Гідрогену і гідроксигрупи біля

напівацетального Карбону. Форми, в яких гідроксигрупа розміщується з того боку, з якого розташовується гідроксигрупа біля асиметричного атому Карбону, що визначає приналежність моносахариду до D-, L-ряду, відносяться до α -форм, а ті, у яких вона розміщується з протилежного боку, – до β -форм.

Проекційні формули Фішера відображають будову моносахариду тільки умовно. Більш правильним і точним є спосіб відображення формул за Хеуорсом. Циклічні форми розміщують перспективно – перпендикулярно до площини кільця, згори або знизу розміщують атоми Гідрогену і гідроксигрупи.

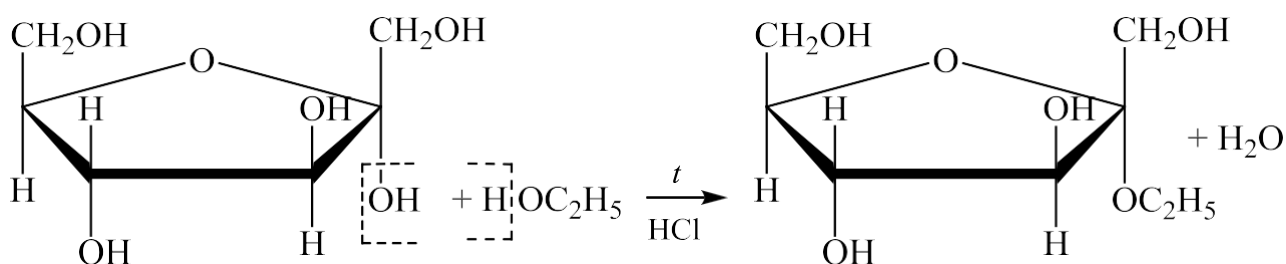
Таутомерну рівновагу, яка існує в розчині D-фруктози, використовуючи формули Хеуорса, відображують наступною схемою:



2 етап. Необхідно розрізнити, яка з існуючих у розчині таутомерних форм може вступати в ту або іншу реакцію. Якщо реакція відбувається за карбонільною групою, то реагуватиме розкрита оксоформа (яка має карбонільну групу). У

реакціях утворення глікозидів беруть участь гідроксигрупи і, перш за все, найбільш активний напівацетальний гідроксил. Схеми таких реакцій необхідно писати, використовуючи одну з напівацетальних форм.

За умовою задачі реакцію слід проводити з α -D-фруктофуранозою. Реакція моносахаридів зі спиртами перебігає за напівацетальним гідроксилом з утворенням глікозиду – похідного, в якому Гідроген гідроксигрупи заміщений на радикал. Реакція відбувається за умов нагрівання у присутності гідрогенхлориду. Інші гідроксогрупи за цих умов зі спиртами не взаємодіють.



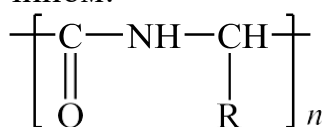
α -D-фруктофураноза

Етил- α -D-фруктофуранозид

Навчальне завдання № 2

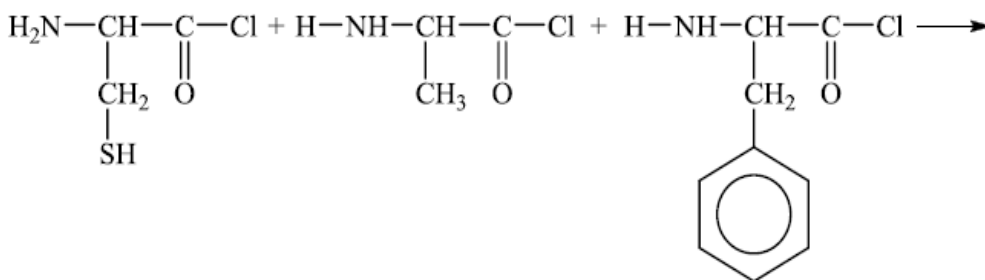
Написати схему утворення трипептиду з галогенангідридів наступних амінокислот: цистеїну, аланіну і фенілаланіну. Яка кольорова реакція вказує на присутність у цьому пептиді ароматичного угруповання? Написати схему цієї реакції.

Загальний підхід. Різні амінокислоти під час одержання білків зв'язуються за рахунок карбоксильної й аміногрупи з утворенням угруповання $-\text{CO}-\text{NH}-$, яке називається пептидним зв'язком. Продукт взаємодії двох α -амінокислот називається дипептидом, трьох – трипептидом, багатьох – поліпептидом. Реакції утворення поліпептидів з α -амінокислот складають основу синтезу білкових сполук у живих організмах. Загальну формулу поліпептиду можна записати наступним чином:

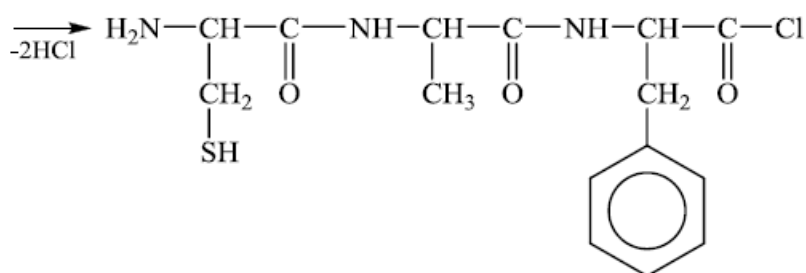


де R – різні угруповання атомів.

1 етап. Для синтезу білкових сполук використовують галогенангідриди α -амінокислот. За умовою в реакцію вводимо хлорангідриди вказаних амінокислот:



Хлорангідрид цистеїну Хлорангідрид аланіну Хлорангідрид фенілаланіну



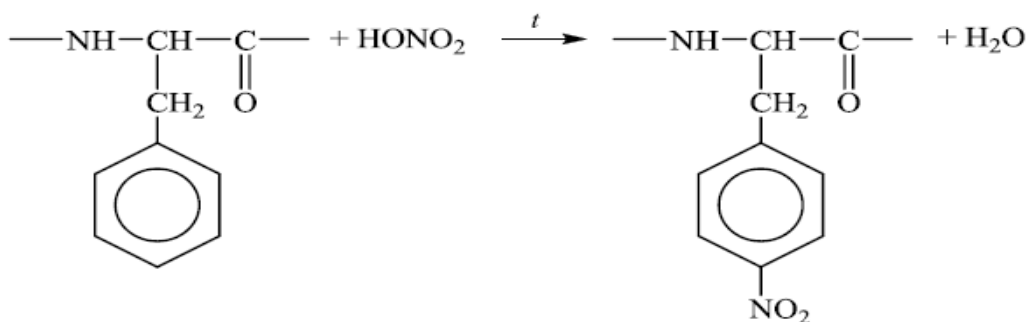
Трипептид: цистеїл-аланіл-фенілаланін

Називають пептиди за назвами α -амінокислот, які входять до їх складу, замінюючи функціональне закінчення -ін на -іл у тривіальних назвах тих амінокислот, які прореагували карбоксильною групою і їх карбоксильні групи утворили пептидний зв'язок. Таким чином, одержаний трипептид називають цистеїл-аланіл-фенілаланін.

2 етап. Однією з якісних реакцій на білки є ксантопротеїнова реакція, яка доводить присутність у білках ароматичних α -амінокислот. За умов нагрівання такого білка з концентрованою нітратною (азотною) кислотою розчин і осад його забарвлюються на жовтий колір.

Ксантопротеїнова реакція – це реакція нітрування ароматичного кільця.

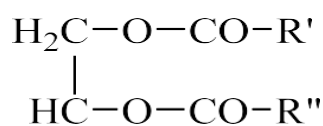
Схему реакції з фрагментом пептидного ланцюгу наведено нижче:



Навчальне завдання № 3

Написати схему вичерпної гідрогенізації простого триацилгліцерину, до складу якого входить олеїнова кислота. Навести схему одержання твердого мила.

Загальний підхід. Жири – це повні естери триатомного спирту гліцерину (гліцеролу) і вищих карбонових кислот, що мають



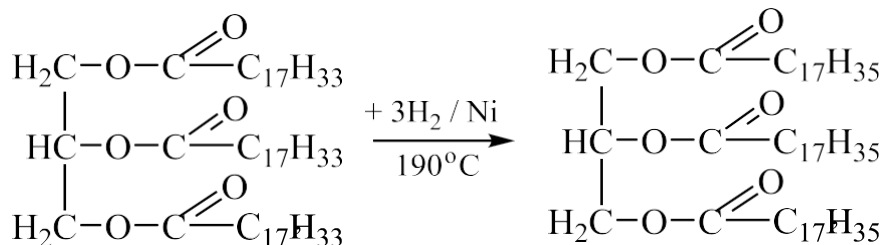
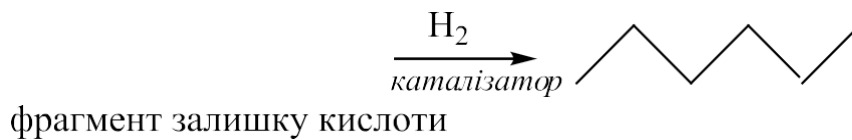
загальну форму: $\text{H}_2\text{C---O---CO---R}'''$,

де R', R'', R''' – радикали алканових і алкенових кислот

Три гідроксили гліцерину можуть бути естерифіковані або тільки однією кислотою, або двома, або трьома різними кислотами. Триацилгліцерини, молекули яких містять однакові залишки жирних кислот, називаються простими, якщо залишки різних кислот – змішаними. Природні жири й олії містять переважно змішані триацилгліцерини.

1 етап. Гідрогенізація олій і жирів воднем (H₂) здійснюється за температур 180...240°C у присутності нікелевих або мідно-нікелевих каталізаторів під тиском, як правило, близьким до атмосферного. Основна хімічна реакція, що перебігає під час гідрогенізації, – приєднання атомів Гідрогену до подвійних зв'язків залишків ненасичених жирних кислот:





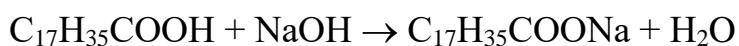
Схему гідрогенізації триолеїну можна зобразити таким чином:

триолеат гліцерину
або триолеїн

тристеарат гліцерину
або тристеарин

2 етап. В результаті взаємодії вищих карбонових кислот з водними розчинами лугів утворюються солі відповідних кислот, які називаються милами. Натрієві солі вищих жирних карбонових кислот являють собою тверде мило, калієві солі – рідке мило.

Схема одержання твердого мила:



Стеаринова кислота

Натрій стеарат

ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Дати загальну характеристику насиченим вуглеводням. Написати структурні формули чотирьох ізомерних вуглеводнів складу C_7H_{16} , головний ланцюг яких складається з п'яти вуглецевих атомів. Назвати їх за міжнародною номенклатурою. Позначити в них первинні, вторинні, третинні, четвертинні атоми Карбону
2. Пояснити, які сполуки називаються ізомерами. Написати чотири ізомери складу C_4H_9Br . Написати схему реакції взаємодії 2-бромбутану з металічним натрієм (синтез Вюрца). Назвати одержаний вуглеводень за міжнародною номенклатурою.
3. Охарактеризувати властивості алканів. Написати схему одержання ізобутану будь-яким методом та схему реакції його нітрування (з 1 моль HNO_3).
4. Дати загальну характеристику ненасиченим вуглеводням. Написати чотири ізомери, які належать до дієнових та ацетиленових вуглеводнів складу C_4H_6 і назвати їх за міжнародною номенклатурою. Для кожного ізомеру написати схему реакції взаємодії з 1 моль Br_2 .
5. Пояснити, які види ізомерії характерні для алкенів. Одержати етиленовий вуглеводень дегідратацією 3-метил-2-пентанолу. Написати схему реакції окиснення одержаного алкену розчином калій перманганату і назвати продукт реакції за міжнародною номенклатурою.
6. Написати рівняння реакції одержання алкену під дією спиртового розчину луку на 2-бром-2-метилбутан. Назвати вуглеводень за міжнародною номенклатурою і написати для нього схеми реакцій з:
 - а) гідрогенхлоридом;
 - б) лужним розчином калій перманганату;
 - в) водою (у присутності сульфатної кислоти).Назвати одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.
7. Охарактеризувати властивості алкадієнів. Написати 5 сполук з ізольованими, спряженими та кумульованими подвійними зв'язками загальною

формулою C_5H_8 . Написати схему реакції 1,3-пентадієну з 1 моль бромом і назвати сполуки за міжнародною номенклатурою.

8. Дати загальну характеристику алкінів. Написати формули і назви органічних сполук, які одержують взаємодією 1-бутину з наступними реагентами:

а) HBr (1 моль);

б) H_2O (H^+ , Hg);

в) Br_2 (2 моль);

г) $Ag(NH_3)_2OH$.

9. Охарактеризувати хімічні властивості алкінів. Навести схеми реакцій, за допомогою яких можна відрізнити пентан, 1-пентен і 1-пентин. Відповідь обґрунтувати.

10. Дати загальну характеристику ароматичним вуглеводням. Написати схеми одержання бензену з таких вихідних речовин:

а) ацетилену;

б) циклогексану.

Навести приклади реакцій заміщення та приєднання для бензену. Назвати одержані сполуки.

11. Охарактеризувати хімічні властивості аренів. Написати схеми наступних реакцій:

а) *пара*-метилізопропілбензен з H_2 (Ni , t,p);

б) *орто*-ксилол з $KMnO_4$ (H_2SO_4);

в) бензойна кислота з CH_3COCl ($AlCl_3$).

г) хлорбензен з CH_3Cl ($AlCl_3$).

Назвати одержані сполуки.

12. Одержати відповідний спирт відновленням пропіонового альдегіду і написати для одержаної речовини такі реакції:

а) внутрішньомолекулярної дегідратації (у присутності концентрованої сульфатної кислоти за умов нагрівання);

б) з металічним натрієм; в) з гідрогенбромідом.

Назвати одержані сполуки.

13. Одержати етиловий спирт з ацетилену. Написати схеми реакцій, які характеризують властивості етилового спирту (реакції приєднання, заміщення, окиснення, дегідратації). Назвати одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.

14. Написати схеми реакцій окиснення первинного, вторинного та третинного спиртів складу $C_5H_{11}OH$. Назвати вихідні сполуки та продукти реакції за міжнародною номенклатурою.

15. Написати структурні формули всіх ізомерних ароматичних спиртів складу $C_9H_{12}O$ і для кожного з них реакцію окиснення. Назвати сполуки за міжнародною номенклатурою.

16. Написати структурні формули наступних спиртів: а) 1-пропанол;

б) 2-бутанол;

в) 3-метил-3-пентанол;

Зазначити, які з них є первинними, вторинними та третинними. Написати схеми реакцій окиснення кожного спирту. Назвати продукти реакцій.

17. Одержати дегідратацією відповідних спиртів такі сполуки: а)

метилпропіловий етер;

б) дибутиловий етер; в) 2-бутен;

г) 2-метил-1-пентен.

18. Зазначити реакції одержання етерів з етанолу та ізопропанолу спиртів у присутності концентрованої сульфатної кислоти. Назвати одержані етери.

19. Одержати гідратацією відповідних етиленових вуглеводнів такі спирти:

а) 3,3-диметил-2-бутанол; б) 2-метил-2-пентанол;

в) 3-метил-2-гексанол; г) 2,3-пентадіол.

Назвати вихідні сполуки і зазначити серед них первинні, вторинні та третинні спирти.

20. Написати схеми одержання 2-пропанолу з наступних сполук: а) 2-хлорпропану;

б) пропану; в) 1-пропену; г) пропанону; д) пропіну.

21. Одержати одноатомні спирти при відновленні таких сполук:

а) 2-метилпропаналь; б) метилетилкетон;

в) етилізопропілкетон; г) 2-метилпентаналь;

д) 2-бутанон.

Назвати одержані спирти за міжнародною номенклатурою.

22. Написати рівняння реакцій:

а) 2,2-диметил-1-бутанолу з метиловим спиртом (у присутності концентрованої сульфатної кислоти);

б) етиленгліколю з купрум(II) гідроксидом;

в) 2-пропанолу з водним розчином калій дихромату (у присутності сульфатної кислоти за умов нагрівання);

г) гліцерину з нітратною кислотою;

д) бензилового спирту з п'ятихлористим фосфором. Назвати одержані сполуки.

23. Написати схеми реакцій одержання з пропанолу таких сполук: а) 1,2-пропандіол;

б) ацетон;

в) пропанова кислота; г) дипропіловий етер.

24. Написати схеми реакцій окиснення та внутрішньомолекулярної дегідратації таких спиртів;

а) 1-бутанол;

б) 2,4-диметил-1-пентанол; в) 1,3-пентадіол.

Назвати одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.

25. Написати схеми реакцій, які характеризують хімічні властивості пропілового спирту: реакції приєднання, заміщення, окиснення, дегідратації, дегідрування. Назвати одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.

26. Написати схеми реакцій одержання вторинного пропілового спирту з: а)

відповідного кетону;

б) етиленового вуглеводню.

Написати схеми взаємодії одержаного спирту з металічним натрієм і метанолом (у присутності концентрованої сульфатної кислоти). Назвати вихідні та одержані сполуки.

27. Написати схеми реакцій взаємодії:

а) *para*-нітрофенолу з натрій гідроксидом; б) натрій феноляту з йодетаном;

в) резорцину з бромною водою;

г) α -нафтолу з металічним натрієм. Назвати одержані сполуки.

28. Одержати оцтовий альдегід з ацетилену і написати для цього альдегіду схеми реакції:

а) окиснення; б) відновлення; в) приєднання.

Назвати одержані сполуки.

29. Окисненням відповідних спиртів одержати наступні оксисполуки: 2-метилбутаналь, метилізопропілкетон. Порівняти їх хімічні властивості на прикладі реакцій окиснення. Назвати вихідні та одержані сполуки.

30. Написати структурні формули ізомерних альдегідів і кетонів загальної формули C_4H_8O та назвати їх за міжнародною номенклатурою. Для одного з ізомерів написати схеми таких реакцій:

а) приєднання синильної кислоти;

б) приєднання водню (у присутності нікелю); в) окиснення.

Назвати одержані сполуки.

31. Написати для масляного альдегіду схеми таких реакцій: а) «срібного дзеркала»;

б) альдольної конденсації; в) відновлення.

Назвати одержані сполуки.

32. Написати схеми реакцій взаємодії таких пар сполук: а) бутаналь із купрум(II) гідроксидом за умов нагрівання; б) метилізопропілкетон з натрій гідрогенсульфітом;

в) 2-пентанон із п'ятихлористим фосфором;

г) 4-метил-2-гексанон з гідроксиламіном.

Назвати одержані сполуки.

33. Написати структурні формули і назви трьох кетонів складу $C_5H_{10}O$. Для одного з ізомерів написати схеми таких реакцій:

а) окиснення; б) відновлення;

в) взаємодії з фенілгідрaziном. Назвати одержані сполуки.

34. Одержати диметилкетон різними способами (окиснення спиртів, гідроліз дигалогенопохідних вуглеводнів, піроліз солей карбонових кислот тощо) і написати для нього реакції взаємодії з натрій гідрогенсульфітом і гідроксиламіном. Назвати вихідні та одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.

35. Із відповідного ацетиленового вуглеводню за реакцією Кучерова одержати 4-метил-2-пентанон. Навести схеми реакцій приєднання і заміщення для цієї сполуки. Назвати вихідні та одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.

36. Одержати з відповідних спиртів масляний альдегід та метилетилкетон. Написати схеми реакцій відновлення та окиснення цих сполук. Усі сполуки назвати за міжнародною номенклатурою.

37. Написати структурні формули наступних сполук: а) ізомасляний альдегід; б) метилізопропілкетон; в) 3-метил-пентаналь; г) 2,2-диметил-3-гексанон; д) 2,4-пентадіон.

Написати схеми реакцій окиснення ізомасляного альдегіду і відновлення метилізопропілкетону. Назвати одержані сполуки.

38. Із 1-хлорбутану одержати бутанон і для нього написати схему реакції відновлення. Назвати усі речовини за міжнародною номенклатурою.

39. Написати схеми реакцій взаємодії наступних сполук: а) бутаналь із розчином Фелінга; б) метилізопропілкетон із натрій гідрогенсульфітом; в) 3-пентанон із п'ятихлористим фосфором;

г) 2-метил-пентаналь із фенілгідрaziном;

д) 2,3-диметилгексаналь із метиловим спиртом.

Назвати одержані сполуки за міжнародною номенклатурою.

40. Запропонувати декілька способів одержання бутаналу і написати для нього схеми реакцій:

а) «срібного дзеркала»; б) взаємодії із воднем;

в) взаємодії із фенілгідрaziном. Назвати одержані сполуки.

41. Одержати щавлеву кислоту окисненням відповідного двохатомно-го спирту і написати схеми реакцій цієї кислоти з:

а) метиловим спиртом у присутності концентрованої сульфатної кислоти; б) натрій гідроген карбонатом;

в) п'ятихлористим фосфором. Назвати одержані сполуки.

42. Написати схему послідовного одержання естеру з пропаналу та пропанону (через стадії одержання кислоти і спирту). Назвати сполуки і написати для одержаного естеру схему лужного гідролізу.

43. Одержати ізомасляну кислоту окисненням відповідної карбоніль-ної сполуки. Написати схеми реакцій взаємодії цієї кислоти з такими сполуками:

а) крейдою;

б) п'ятихлористим фосфором;

в) 2-пропанолом (у присутності концентрованої сульфатної кислоти). Назвати одержані сполуки.

44. Із 1-хлорпропану одержати пропіонову кислоту і написати схеми реакції її взаємодії із такими речовинами:

а) сода; б) етанол у присутності концентрованої сульфатної кислоти; в) амоніак за умов нагрівання.

Назвати одержані сполуки.

45. Використовуючи як вихідні сполуки ацетилен та етанол, одержати етилацетат і написати для одержаного естеру схеми реакцій взаємодії із натрій гідроксидом, амоніаком, ізопропанолом. Назвати одержані сполуки.

46. Одержати пропіонову кислоту з 1,1,1-трихлорпропану і написати схеми реакцій взаємодії цієї кислоти з такими сполуками:
- а) п'ятихлористим фосфором;
 - б) ізопропанолом (у присутності концентрованої сульфатної кислоти); в) амоніаком; г) кальцій гідроксидом.
47. Написати схеми реакцій взаємодії таких сполук: а) L-молочна кислота з пропіловим спиртом;
- б) саліцилова кислота з концентрованою нітратною кислотою у присутності концентрованої сульфатної кислоти;
 - в) галова кислота з надлишком калій гідроксиду; г) мезовинна кислота з металічним натрієм.
48. Написати схеми реакцій утворення молочної кислоти з:
- а) оцтового альдегіду;
 - б) пропіонової кислоти;
 - в) піровиноградної кислоти.
49. Написати схему таутомерних перетворень D-фруктози. Пояснити існування ізомерних циклічних форм молекул (α - і β -форми). Написати реакцію взаємодії α -D-фруктопіранози з етиловим спиртом, назвати продукт реакції.
50. Написати схему таутомерних перетворень D-манози і відмітити в молекулі асиметричні атоми Карбону. Написати реакції взаємодії α -D-манопіранози з купрум(II) гідроксидом за умов нагрівання і метанолом. Назвати продукти реакції.
51. Пояснити, за допомогою яких реакцій можна відрізнити сахарозу і мальтозу. Написати схеми відповідних реакцій. Дати пояснення щодо відновлюючих і невідновлюючих властивостей дисахаридів.
52. Написати схеми будови молекул крохмалю і целюлози, застосовуючи формули Хеуорса. Пояснити схожість і відмінність їх будови. Охарактеризувати властивості цих сполук.
53. Написати структурну формулу і назву відновлюючого дисахариду,

який утворюється з двох молекул α -D-глюкопіранози. Написати схему реакції окиснення цього дисахариду.

54. Пояснити, за допомогою яких реакцій можна відрізнити сахарозу і лактозу. Написати схеми відповідних реакцій. Дати пояснення щодо відновлюючих і невідновлюючих властивостей дисахаридів.

55. Пояснити будову і властивості фракцій крохмалю: амілози й амілопектину. Скласти схему ступінчастого гідролізу крохмалю і пояснити його значення. Написати схеми утворення піранозних і фуранозних α - і β -форм D-фруктози. Відмітити всі хіральні атоми Карбону.

56. Навести і пояснити будову молекули сахарози. Охарактеризувати процеси інверсії і карамелізації сахарози.

57. Навести схеми реакцій одержання аскорбінової кислоти. Пояснити її властивості та значення.

58. Навести будову молекул мальтози і сахарози, застосовуючи формули Хеурса. Пояснити, який із цих дисахаридів і чому є відновлюючим. Пояснення підтвердити відповідними схемами реакцій.

59. Написати структурну формулу і назву невідновлюючого дисахариду, який утворюється з двох молекул α -D-глюкопіранози. Пояснити властивості одержаного дисахариду і навести відповідні схеми реакцій.

60. Пояснити будову і властивості клітковини. Одержати естери клітковини з нітратною кислотою: колоксилін і піроксилін та пояснити їх застосування.

61. Написати схему кислотного гідролізу крохмалю. Пояснити сутність і значення процесів декстринізації і клейстеризації крохмалю.

62. Написати і пояснити будову пектинових речовин. Навести їх значення і напрями застосування.

63. Пояснити будову та ізомерію амінокислот. Написати схеми наступних реакцій:

а) цистеїну з лугом; б) серину з хлоридною кислотою;

в) гліцину з аспарагіною кислотою. Назвати одержані сполуки.

64. Пояснити, які сполуки називаються поліпептидами. Написати схему реакції утворення трипептиду гліцил-цистеїл-фенілаланіну.
65. Виходячи з будови молекул амінокислот, пояснити їх фізичні властивості. Написати схему реакції одержання трипептиду з цистеїну, фенілаланіну та аспарагінової кислоти. Назвати одержаний трипептид.
66. Пояснити, які сполуки називаються амінами, навести їх класифікацію. Написати схеми реакцій етиламіну з:
- а) хлоридною кислотою; б) нітритною кислотою; в) ацетилхлоридом.
- Назвати продукти реакції.
67. Охарактеризувати хімічні властивості амінокислот на прикладі аланіну (утворення внутрішньої солі, амфотерні властивості, характерні реакції за функціональними групами). Написати схеми відповідних реакцій і назвати одержані сполуки.
68. Дати визначення класу сполук аміни і пояснити види їх ізомерії. Написати формули первинного, вторинного і третинного амінів складу C_3H_9N та схеми їх взаємодії із нітритною кислотою.
69. Навести властивості α -амінокислот. Написати схеми реакцій аспарагінової кислоти з:
- а) калій гідроксидом; б) нітратною кислотою;
- в) двома молекулами гліцеролу. Назвати одержані сполуки.
70. Зазначити загальну схему гідролізу білків і пояснити їх значення. Написати схему реакції одержання трипептиду з гліцину, глутамінової кислоти і цистеїну. Назвати одержаний трипептид.
71. Пояснити утворення пептидного зв'язку. Написати схему реакції одержання тетрапептиду аланіл-серил-гліцил-лізин. Пояснити кольорові реакції, які характерні для наведеного тетрапептиду.
72. Дати загальну характеристику хімічних властивостей α -амінокислот. Написати такі реакції для амінокислот:
- а) дисоціація лізину;

б) взаємодія аспарагінової кислоти з лугом; в) взаємодія аланіну з нітритною кислотою. Назвати одержані сполуки.

73. Зазначити і пояснити, яку реакцію середовища, кислу, лужну або нейтральну, мають водні розчини:

а) аланіну;

б) аспарагінової кислоти; в) лізину.

Написати схеми дисоціації цих кислот.

74. Пояснити, що таке пептиди і пептидний зв'язок. Написати схему реакції утворення тетрапептиду, послідовно з'єднуючи аланін, фенілаланін, гліцерин та аспарагінову кислоту. Назвати одержаний тетрапептид і визначити для нього значення ізоелектричної точки.

75. Написати схему утворення і назву змішаного триацилгліцерину з гліцерину, олеїнової і двох молекул стеаринової кислот. Навести схему омилення цього жиру і пояснити, за яких умов утворюється тверде і рідке мило.

76. Написати структурну формулу олеоліноленостеарину і пояснити, як визначається консистенція жиру з триацилгліцеридами переважно такого складу. Підтвердити ненасиченість цього триацилгліцерину схемою відповідної якісної хімічної реакції.

77. Написати схему одержання пальмітодистеарину і пояснити, як визначається консистенція жиру з триацилгліцеридами переважно такого складу. Одержати з триацилгліцерину рідке і тверде мило. Назвати одержані сполуки.

78. Написати схему утворення бутироліноленостеарину і схему його гідрогенізації. Назвати одержаний триацилгліцерин і зазначити схему його кислотного гідролізу.

79. Написати формули п'яти кислот, які найчастіше входять до складу жирів і масел. Пояснити, як визначається консистенція жиру. Навести схему каталітичного гідрування олеодилінолену, назвати продукт реакції і охарактеризувати властивості вихідного і одержаного триацилгліцерину.

80. Написати структурну формулу змішаного триацилгліцерину, який

утворено з пальмітинової, олеїнової і лінолевої кислот, назвати його і пояснити, як визначається консистенція жиру з триацилгліцеридами переважно такого складу. Навести схему каталітичного гідрування цього триацилгліцерину і охарактеризувати властивості вихідного і одержаного жиру.

81. Одержати естер з гліцерину, пальмітинової і лінолевої кислот, назвати його. Навести схему каталітичного гідрування цього триацилгліцерину. Охарактеризувати процеси, що перебігають під час згірнення жиру.

82. Написати схему одержання пальмітодистеарину і зазначити консистенцією жиру з триацилгліцеридами переважно такого складу. Навести схему гідролізу цього триацилгліцерину у присутності натрій гідроксиду і назвати продукти реакції.

83. Написати схеми реакцій кислотного і лужного гідролізу тристеарину. Навести схему взаємодії продукту лужного гідролізу з кальцій гідрогенкарбонатом. Назвати одержані сполуки.

84. Написати схему реакції одержання олеопальмітодистеарину і зазначити консистенцією жиру з триацилгліцеридами переважно такого складу. Навести схему гідролізу цього жиру у присутності калій гідроксиду і відмітити консистенцію утвореного мила.

85. Дати визначення класу сполук жири. Від чого залежить консистенція жиру? Написати структурні формули змішаного триацилгліцерину пальмітодіолеїну. Охарактеризувати його властивості, навівши схеми відповідних реакцій. Навести схему якісної реакції, що підтверджує властивості триацилгліцерину як ненасиченої сполуки.

86. Написати схеми реакцій одержання таких триацилгліцеринів: а) бутиропальмітодистеарин; б) триолеїн.

Порівняти фізичні та хімічні властивості зазначених триацилгліцеринів, відповідь підтвердити схемами реакцій.

87. Написати схеми таких реакцій:

а) каталітичного гідрування ліноленодіолеїну; б) омилення пальмітодистеарину.

Назвати продукти реакцій.

88. Одержати змішаний триацилгліцерин з олеїнової, лінолевої і ліноленової кислот і навести схему його гідрогенізації. Назвати вихідний триацилгліцерин і продукт гідрогенізації та порівняти їх властивості. Провести лужний гідроліз (омилення) змішаного триацилгліцерину пальмітоолеостеарин. Написати схеми реакцій однієї з одержаних солей з сульфатною кислотою, кальцій хлоридом

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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: 402 с.
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. 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.
8. Хімія: Навч. посіб. Слободяник М. С., Гордієнко О. В., Корнілов М. Ю. та ін К.: Либідь, 2003. - 352 с.
9. В.П. Черних, Б.С.Зіменковський, І.С.Гриценко. Органічна хімія. Харків, Вид-во НФаУ, “Оригінал”, 2008 – 778 с.
10. Шульга С.І.,Шульга О.С. Органічна хімія. Практикум: Навч.посібник.-К.: НУХТ, 2014.-440 с.
11. Organic Chemistry, Seventh Edition. William H. Brown, Brent L. Iverson, Eric V. Anslyn, Christopher S. Foote 2013, USA, 1318 p. ISBN-10: 1-133-95284-4.