





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Хімічний факультет  
Кафедра органічної хімії

Затверджено  
на засіданні кафедри органічної хімії  
хімічного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 36 від 29.08.2025 р.)



Завідувач кафедри органічної хімії  
проф. Микола ОБУШАК

Силабус з навчальної дисципліни  
**«Хімія органічна»,**  
що викладається в межах ОПІ першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
для здобувачів  
зі спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія»

<b>Назва дисципліни</b>	Хімія органічна
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Кирила і Мефодія 6, 79005 Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	хімічний факультет, кафедра органічної хімії
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальність, G21 Біотехнології та біоінженерія
<b>Викладачі дисципліни</b>	Походило Назарій Тарасович, докт. хім. наук, професор кафедри органічної хімії;
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:nazariy.pokhodylo@lnu.edu.ua">nazariy.pokhodylo@lnu.edu.ua</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	  <a href="https://chem.lnu.edu.ua/course/khimiiia-orhanichna-g21-biotekhnolohii-ta-bioionzheneriia">https://chem.lnu.edu.ua/course/khimiiia-orhanichna-g21-biotekhnolohii-ta-bioionzheneriia</a>  <a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6974">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6974</a>  <a href="https://teams.microsoft.com/l/team/19%3AkVO4oiFSw-dH2mbf1dQubWCpvLYkzZDpB5F_GMGRsOO1%40thread.tacv2/conversations?groupId=ee80f03f-46bb-4e8f-b2ae-2677f8517d09&amp;tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf">https://teams.microsoft.com/l/team/19%3AkVO4oiFSw-dH2mbf1dQubWCpvLYkzZDpB5F_GMGRsOO1%40thread.tacv2/conversations?groupId=ee80f03f-46bb-4e8f-b2ae-2677f8517d09&amp;tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліну розроблено таким чином, щоб надати здобувачам необхідні знання щодо теорії і практики основних методів одержання органічних сполук, їхньої будови і реакційної здатності, хімічних властивостей та біологічної ролі.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Хімія органічна» є нормативною дисципліною зі спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» для освітньої програми з підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», яка викладається на 1 курсі (2 семестр) в обсязі 4 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою навчальної дисципліни є формування у студентів системного розуміння структури, властивостей та реакційної здатності основних класів органічних сполук із акцентом на їхнє значення у біотехнологічних процесах і біоінженерних застосуваннях. Дисципліна спрямована на розвиток навичок аналізу органічних реакцій та прогнозування їх результатів у контексті синтезу біологічно активних сполук, ферментативних процесів та інших технологічних процесів.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Основна література:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обушак М.Д., Біла Є.Є. Органічна хімія. Частина 1. Львів: ЛНУ ім. І. Франка. 2004. 204 с.</li> <li>2. Обушак М.Д., Біла Є.Є. Органічна хімія. Частина 2. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2018. 256 с.</li> <li>3. Біла Є.Є., Обушак М.Д. Органічна хімія. Частина 3. Гетерофункціональні сполуки. Львів: ЛНУ ім. І. Франка. 2011. 202 с.</li> <li>4. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Львів: Центр Європи. 2009.</li> <li>5. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. К.: Вища школа, 1992.</li> </ol>

	<p>6. Найдан В.М. Органічна хімія. Малий лабораторний практикум. Київ, 1994.</p> <p>7. Муляк О.І., Карп'як В.В., Обушак М.Д. Лабораторні роботи і задачі з органічної хімії: Друге видання. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2019. 198 с.</p> <p><b>Додаткова література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. К.: Ірпінь: ВТФ „Перун”. 2002.</li> <li>2. Глубіш П.А. Органічна хімія. К., 2002. (збірник задач і вправ).</li> <li>3. Коритко О.О., Обушак М.Д. Посібник з органічної хімії. Ч. 6. Ліпіди. Львів, 2017. 92 с.</li> <li>4. Коритко О.О., Обушак М.Д. Посібник з органічної хімії. Ч. 9. Амінокислоти. Білки. Гетероциклічні сполуки. Нуклеїнові кислоти. Алкалоїди. Львів, 2020. 124 с.</li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	<p>4 кредити, 120 год</p> <p>64 години аудиторних занять (з них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт) та 56 годин самостійної роботи.</p>
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті успішного вивчення курсу студент набуде</p> <p><b>загальних компетентностей:</b></p> <p>ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК02. Здатність до письмової та усної комунікації українською мовою (професійного спрямування).</p> <p>ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК06. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p><b>та спеціальних (фахових) компетентностей:</b></p> <p>ФК2. Здатність використовувати ґрунтовні знання з хімії та біології в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.</p> <p>ФК6. Здатність проводити аналіз сировини, матеріалів, напівпродуктів, цільових продуктів біотехнологічного виробництва.</p> <p><b>Програмні результати навчання:</b></p> <p>ПР02. Вміти здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного, органічного та біологічного походження, використовуючи відповідні методи.</p> <p>ПР06. Вміти визначати та аналізувати основні фізико-хімічні властивості органічних сполук, що входять до складу біологічних агентів (білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди).</p> <p>ПР12. Використовуючи мікробіологічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні та біохімічні методи, вміти здійснювати хімічний контроль (визначення концентрації розчинів дезінфікувальних засобів, титрувальних агентів, концентрації компонентів поживного середовища тощо), технологічний контроль (концентрації джерел вуглецю та азоту у культуральній рідині упродовж процесу; концентрації цільового продукту); мікробіологічний контроль (визначення мікробіологічної чистоти поживних середовищ після стерилізації, мікробіологічної чистоти біологічного агента тощо), мікробіологічної чистоти та стерильності біотехнологічних продуктів різного призначення.</p> <p>ПР22. Вміти враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні аспекти, вимоги охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки під час формування технічних рішень. Вміти</p>

	<p>використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p> <p>Після завершення цього курсу студент повинен <b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– правила техніки безпеки в лабораторії органічного синтезу;</li> <li>– теорію хімічної будови органічних речовин;</li> </ul> <p>Щодо кожного класу органічних сполук:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– номенклатуру;</li> <li>– ізомерію;</li> <li>– методи одержання;</li> <li>– будову та реакційну здатність;</li> <li>– механізми органічних реакцій;</li> <li>– фізичні та хімічні властивості;</li> <li>– важливі представники;</li> <li>– знаходження у природі та використання;</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оперувати поняттями та категоріями органічної хімії;</li> <li>– розділяти та очищати органічні речовини;</li> <li>– визначати фізико-хімічні константи органічних сполук;</li> <li>– одержувати сполуки різних класів;</li> <li>– проводити характерні реакції органічних речовин.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Органічні сполуки; структурна формула; гомологія; ізомерія; функціональна група; синтез; реакції заміщення, приєднання, елімінування; реагенти.
<b>Формат курсу</b>	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультацій для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Подано у таблиці
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Екзамен у кінці семестру, комбінований
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисципліни «Хімія неорганічна» та базового шкільного курсу з хімії (розділ «Органічна хімія»), достатніх для сприйняття категоріального апарату.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Словесні (лекція, пояснення, дискусія); наочні (демонстрація); практичні (лабораторна робота, виконання індивідуальних завдань); за логікою викладу (індукція, дедукція); за рівнем пізнавальної активності (пояснювально-ілюстративний, проблемний виклад). Робота в системі Moodle, побудова електронного навчання як простору прояву пізнавальних ініціатив.
<b>Необхідне обладнання</b>	Персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми, проектор, доступ до мережі інтернет. Обладнання та реактиви для виконання лабораторних робіт.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні: 27% семестрової оцінки (27 балів, з них 15 балів – за розв'язування задач, 12 балів за виконання і захист 12 лабораторних робіт);</li> <li>• контрольні заміри (модулі): 23% семестрової оцінки (23 бали за 3 модульні контрольні роботи);</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>екзамен: 50% семестрової оцінки (50 балів за відповідь на комбінований білет, що містить 2 теоретичні питання (по 10 балів), 3 задачі (по 5 балів) та 30 тестових запитань (по 0,5 бала, разом 15 балів).</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p> <p><b>Відвідування занять:</b> Здобувачі повинні відвідувати усі лекції і лабораторні заняття курсу та мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття з поважних причин.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку здобувачі не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем винятково в освітніх цілях без права її передачі третім особам.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<b>Питання до заліку чи екзамену.</b>	Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань наводиться нижче.
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

### Схема курсу

#### Лекційний курс навчальної дисципліни

№ теми	НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ	Кількість годин			
		Σ	лк	лаб	сп
<b>Змістовий модуль 1</b>					
<i>Предмет органічної хімії. Ациклічні вуглеводні (алкани, алкени, алкіни, алкадієни). Ароматичні вуглеводні</i>					
1	Вступ. Предмет, завдання, значення органічної хімії та її місце серед природничих наук. Основні поняття органічної хімії	8	2	4	2
2	Насичені вуглеводні	9	2	2	5
3	Ненасичені вуглеводні	9	2	2	5
4	Ароматичні вуглеводні	9	2	2	5
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>		<b>35</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>17</b>
<b>Змістовий модуль 2</b>					
<i>Похідні вуглеводнів аліфатичного і ароматичного ряду</i>					
5	Аліфатичні та ароматичні галогенопохідні вуглеводнів. Ароматичні сульфо- та нітропохідні	10	2	2	6
6	Спирти, етери	8	2	2	4
7	Феноли та ароматичні спирти	8	2	2	4
8	Аліфатичні та ароматичні альдегіди і кетони	7	2	2	3
9	Одноосновні та двоосновні карбонові кислоти та їхні функціональні похідні	6	2	2	2
10	Ароматичні карбонові та дикарбонові кислоти і їхні похідні	6	2	2	2
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>		<b>45</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>21</b>
<b>Змістовий модуль 3</b>					
<i>Гетерофункціональні сполуки</i>					
11	Гетерофункціональні сполуки: гідроксикислоти, альдегідо- та кетоникислоти	8	2	2	4
12	Аміни. Ароматичні аміни, діазо- і азосполуки	7	2	2	3
13	Амінокислоти. Білки.	6	2	2	2
14	Вуглеводи	11	4	2	5
15	Гетероциклічні сполуки	8	2	2	4
<b>Разом за змістовий модуль 3</b>		<b>40</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>18</b>
<b>ВСЬОГО</b>		<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>56</b>

## Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Вступ. Ознайомлення з робочим планом та порядком проведення занять. Інструктаж з техніки безпеки.	2
2	Методи очищення твердих та рідких органічних сполук. Кристалізація та сублимація.	2
3	Методи одержання та якісні реакції насичених вуглеводнів.	2
4	Методи одержання та якісні реакції ненасичених вуглеводнів.	2
5	Методи одержання та якісні реакції ароматичних вуглеводнів.	4
6	Методи одержання та якісні реакції галогенопохідних вуглеводнів.	2
7	Якісні реакції спиртів та фенолів.	2
8	Якісні реакції альдегідів та кетонів.	2
9	Якісні реакції одноосновних та двоосновних карбонових кислот.	4
10	Властивості гідрокси-, альдегідо- та кетоникислот.	2
11	Якісні реакції амінів аліфатичного ряду, амінокислот та білків.	2
12	Якісні реакції ароматичних амінів, діазо- та азосполук.	2
13	Якісні реакції вуглеводів: моносахаридів, ди- і полісахаридів.	4
	<b>РАЗОМ</b>	<b>32</b>

### Самостійна робота









№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<b>Змістовий модуль 1</b>	
1	Взаємозв'язок хімії та екологічних проблем. Основні джерела глобального забруднення довкілля. Значення органічних речовин у практичній діяльності людини.	2
2	Йонний механізм реакцій заміщення. Циклоалкани: особливості будови, методи одержання та хімічні властивості. Розв'язування задач та вправ з теми «Насичені вуглеводні».	5
3	Механізм радикального приєднання до етиленових вуглеводнів. Властивості дієнових вуглеводнів: димеризація, дієновий синтез. Жиророзчинні вітаміни – їх будова та фізіологічна роль. Розв'язування задач та вправ з теми «Ненасичені вуглеводні».	5
	<b>Змістовий модуль 2</b>	
5	Проблеми забруднення довкілля діоксином. Особливості дії діоксину на живі організми. Ароматичні сульфо- та нітропохідні. Сульфоамідні антибіотики. Розв'язування задач та вправ з тем «Галогенопохідні аліфатичних та ароматичних вуглеводнів», «Ароматичні сульфо- та нітропохідні».	6
6	Ненасичені одноатомні спирти. Етери. Окремі представники: діетиловий етер, оксид етилену, діоксан, тетрагідрофуран. Розв'язування задач та вправ з теми «Спирти та етери».	4
7	Хінони. Хіноїдна група як хромофор. Триатомні феноли: пірогалол, оксигідрокінон і флюороглюцин. Одержання, властивості, використання. Розв'язування задач та вправ з теми «Феноли та ароматичні спирти».	4
8	Ненасичені альдегіди і кетони аліфатичного ряду.	3

	Розв'язування задач та вправ з теми «Аліфатичні та ароматичні альдегіди і кетони».	
9	Двоосновні ненасичені карбонові кислоти. Розв'язування задач та вправ з теми «Одноосновні та двоосновні карбонові кислоти та їхні функціональні похідні».	4
10	Роль насичених та поліненасичених жирних кислот у біохімічних процесах метаболізму живих організмів.	3
<b>Змістовий модуль 3</b>		
11	Пептиди і білки. Склад пептидів і амінокислотна послідовність.	4
12	Методи визначення амінокислотної послідовності пептидів. Синтез пептидів.	3
13	Синтез пептидів на полімерному носії. Просторова будова білків і пептидів. Білки як біологічні каталізатори. Перспективи розвитку біотехнології у виробництві білків.	4
14	Будова та функції вуглеводів у життєдіяльності живих організмів. Полісахариди. Целюлоза. Її будова, знаходження в природі, шляхи хімічної переробки. Нітроцелюлоза, ксантогенат целюлози, ацетилцелюлоза. Використання продуктів хімічної переробки целюлози.	5
15	Гетероциклічні сполуки. Поняття про будову та біологічне значення нуклеїнових кислот. Дезоксирибонуклеїнова (ДНК) і рибонуклеїнова (РНК) кислоти, їх функції. Біологічна дія алкалоїдів та використання їх у медицині. Розв'язування задач та вправ з теми «Гетероциклічні сполуки».	4
	<b>РАЗОМ</b>	<b>56</b>

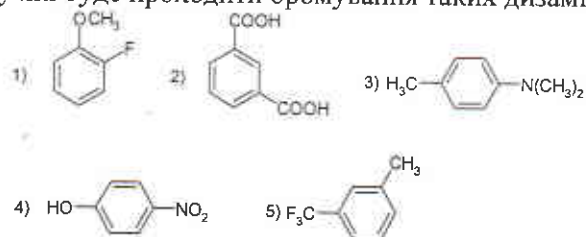
## Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань

### Контрольні запитання до змістового модуля 1

1. Які сполуки називають алканами? Запишіть гомологічний ряд алканів до  $C_{10}H_{22}$  і назвіть їх.
2. Який вид ізомерії характерний для алканів? Запишіть формули усіх ізомерних алканів загального складу  $C_6H_{14}$  і назвіть їх за систематичною і раціональною номенклатурою (5 ізомерів).
3. Відмітьте ізомер, що має два третинних атоми карбону та ізомер з четвертинним атомом карбону.
4. Отримайте бутан:
  - а) реакцією Вюрца;
  - б) з натрієвої солі відповідної карбонової кислоти;
  - в) з відповідного алкenu.
5. У якому агрегатному стані за звичайних умов міститься бутан, пентан?
6. У які типи реакцій вступають алкани? Запишіть для 2-метилбутану рівняння реакцій: хлорування, нітрування, сульфохлорування, сульфоокиснення, дегідрогенізації. Відмітьте, до якого типу належить кожна з реакцій.
7. За яким механізмом проходять ці реакції? Поясніть їх механізм на прикладі реакції хлорування етану.
8. Який процес називають крекінгом, піролізом? Які продукти отримують крекінгом нафти?
9. Які сполуки називають алкенами? Запишіть гомологічний ряд алкенів до  $C_6H_{12}$  і назвіть їх.
10. Які види ізомерії характерні для алкенів? Запишіть формули усіх ізомерних алкенів загального складу  $C_5H_{10}$  і назвіть їх за систематичною і раціональною номенклатурою.
11. Отримайте 2-бутен: а) з алкану; б) з спирту; в) з моногалогеналкану; г) з дигалогеналкану; д) з алкіну. Вкажіть умови, під час яких проходить кожна з реакцій.
12. Відмітьте, у якому валентному стані міститься кожен атом карбону у пропені і зробіть висновок про можливі електронні ефекти.

13. Який тип реакцій характерний для алкенів? Запишіть для 1-бутену рівняння реакцій: гідрування, бромовання, гідратації, гідрохлорування, окиснення у відсутності води, окиснення водним розчином  $\text{KMnO}_4$ , озонування, полімеризації.
14. За яким механізмом переважно проходить більшість з цих реакцій? Поясніть його на прикладі гідратації пропену. До якого з атомів карбону приєднується атом гідрогену? Чому?
15. За допомогою яких якісних реакцій можна відрізнити пентан і 1-пентен? Запишіть рівняння цих реакцій.
16. Які сполуки називають алкінами? Запишіть гомологічний ряд алкінів до  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  і назвіть їх.
17. Які види ізомерії характерні для алкінів? Запишіть формули усіх ізомерних алкінів загального складу  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  і назвіть їх за систематичною і раціональною номенклатурою.
18. Отримайте ацетилен:
- з метану;
  - з карбїду кальцію.
- Отримайте пропін:
- з дигалогеналкану;
  - з пропену і неорганічних реагентів (за дві стадії);
  - з ацетилену, амїду натрію і йодометану (за дві стадії);
  - з метану і неорганічних реагентів (за три стадії).
19. Відмітьте, у якому валентному стані міститься кожен з атомів карбону у пропіні і зробіть висновок про можливі електронні ефекти.
20. Які типи реакцій характерні для алкінів? Запишіть для 1-бутину рівняння реакцій: гідрогенізації, взаємодії з водою, з синильною кислотою, з метанолом, з оцтовою кислотою, з амоніачним розчином оксиду аргентуму, з метилмагніййодидом (реактивом Грін'єра). Відмітьте, до якого типу належить кожна з цих реакцій.
21. За допомогою яких якісних реакцій можна відрізнити пропан, пропен і пропін; 1-бутин і 2-бутин?
22. Які сполуки називають алкадієнами? Які є типи алкадієнів? Які з них мають найбільше технічне значення? Запишіть формули і назвіть найважливіші представники цього типу алкадієнів.
23. Отримайте 1,3-бутадієн: а) з етанолу; б) з ацетилену двома способами (через вінілацетилен і через 1,4-бутандіол).
24. У якому валентному стані міститься кожен з атомів карбону у 1,3-бутандієні? Які електронні ефекти простежуються у ньому?
25. Який тип реакцій характерний для 1,3-бутандієну? У які положення і за яких умов вони проходять?
26. Запишіть для ізопрену рівняння реакцій: гідрування, бромовання, гідробромовання, полімеризації.
27. Які властивості бензену відрізняють його від інших ненасичених сполук – алкенів, алкадієнів, алкінів? Які властивості бензену, його гомологів і похідних об'єднані під терміном "ароматичні властивості"?
28. Порівняйте реакції циклогексену і бензену з реагентами у вказаних умовах: 1)  $\text{Br}_2$  ( $\text{CCl}_4$ ,  $20^\circ\text{C}$ ); 2)  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ); 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц.; 4)  $\text{H}_2$  (Pd,  $30^\circ\text{C}$ ); 5)  $\text{O}_3$ , потім  $\text{H}_2\text{O}$  (Zn); 6)  $\text{HBr}$ . У чому подібність і відмінність цих двох сполук?
29. Охарактеризуйте особливості електронної будови сполук, які проявляють ароматичність. Сформулюйте правило ароматичності Гюккеля. Які із наведених нижче карбо- і гетероциклічних сполук є ароматичними і чому?
- 
  - 
  - 
  - 
  - 
  - 
  - 
  - 
30. Яка загальна формула аренів гомологічного ряду бензену? Напишіть структурні формули ізомерних аренів складу: 1)  $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ; 2)  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ . Назвіть їх. Які види структурної ізомерії характерні для алкілбензенів?
31. Напишіть структурні формули аренів: 1) *o*-ксилен; 2) *n*-цимен; 3) *o*-вторбутилметилбензен; 4) ізопропенілбензен ( $\alpha$ -метилстирен); 5) *m*-дивінілбензен; 6) мезитилен.
32. Напишіть структурні формули одновалентних і двовалентних радикалів: 1) феніл (Ph); 2) *o*-фенілен; 3) *n*-фенілен; 4) бензил (Bn); 5) бензиліден; 6) стирил; 7) 2-фенілетил; 8) *o*-толїл; 9) мезитил; 10) *n*-куміл.

33. Які алкілбензени утворюються під час дії металічного натрію на суміш арил- і алкілгалогенідів (Р. Фіттіч і Ш. Вюрц): 1) бромобензену і бромоетану; 2) *n*-бромотолуену і вторбутилхлориду; 3) хлоробензену і хлористого ізопропілу? Які побічні продукти у процесі цього отримуються?
34. На прикладі реакцій етилену і бензену з бромом у присутності FeBr<sub>3</sub> порівняйте механізм електрофільного приєднання до алкенів з механізмом електрофільного заміщення у бензеновому ядрі. На якій стадії простежується відмінність? Поясніть чому.
35. Наведіть загальну схему механізму взаємодії бензену з електрофільними реагентами E<sup>+</sup>, яка містить стадії проміжного утворення π- і δ-комплексів. Яка із стадій визначає швидкість реакцій?
36. Напишіть структурні формули продуктів реакції монозаміщених бензену з реагентами: 1) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> конц.; 2) HNO<sub>3</sub>+ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> конц.; 3) Br<sub>2</sub> (Fe); 4) Cl<sub>2</sub> (AlCl<sub>3</sub>); 5) CH<sub>3</sub>Br (AlBr<sub>3</sub>); 6) CH<sub>3</sub>COCl (AlCl<sub>3</sub>). Назвіть реакції та їх продукти. Вкажіть з яким електрофілом E<sup>+</sup> реагує бензен у кожній з реакцій.
37. Наведіть рівняння і розгляньте механізм реакції алкілювання бензену алкенами: 1) 1-бутеном; 2) ізобутиленом. Назвіть отримані сполуки. Які каталізатори використовують під час алкілювання бензену алкенами?
38. Наведіть рівняння реакції алкілювання бензену пропіловим спиртом. Який каталізатор під час цього використовують?
39. Наведіть характеристику замісників (орієтантів) I і II роду. Напишіть ряд замісників I роду в порядку зменшення їх орієнтувальної дії на входження у ядро нового замісника.
40. Наведіть приклади орієтантів II роду. Як пояснити їх дезактивуючу дію на бензенове ядро в реакціях електрофільного заміщення? Напишіть реакції хлорування і нітрування бензойної кислоти і нітробензену.
41. У якій послідовності треба вводити замісники для отримання з бензену таких сполук: 1) *m*-нітрохлоробензену; 2) *m*-бромобензенсульфокислоти; 3) 2,4-динітрохлоробензену; 4) 2,4-динітротолуену; 5) *n*-хлоробензенсульфокислоти.
42. Напишіть схеми реакцій толуену з хлористим етилом і хлористим ацетилом у присутності AlCl<sub>3</sub>. Поясніть, чому в першому випадку в продукті реакції міститься значна кількість ди- і триетилзаміщених толуенів, а у другому реакція закінчується на стадії утворення моноацетилтолуолу.
43. Порівняйте відношення ізопропілбензену до бромю: 1) у присутності AlBr<sub>3</sub>; 2) під час освітлення і нагрівання. Напишіть рівняння реакцій.
44. Визначте положення, у які буде проходити бромовання таких дизаміщених бензенів:



У яких випадках простежується узгоджена орієнтація, а в яких неузгоджена?

### Контрольні запитання до змістового модуля 2

1. Які сполуки називають галогеноалканами? Галогеноалкенами?
2. Які види ізомерії характерні для моногалогеноалканів? Запишіть формули усіх ізомерних галогеноалканів загального складу C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Br і назвіть їх за тривіальною і систематичною номенклатурою.
3. Отримайте 2-хлоропропан: з алкану, з алкену, з спирту (двома способами).
4. Відобразіть електронну будову хлороетану, хлороетену. Відмітьте, які електронні ефекти простежується у кожній з цих сполук і зробіть висновки, які типи реакцій будуть для них характерні.
5. Запишіть для бромоетану рівняння реакцій: з водою, з лугом, з ціаністим натрієм, з нітритом аргентуму, з метилатом натрію, з ацетатом натрію. Чи будуть ці реакції характерними для бромистого вінілу?
6. Запишіть для 2-бромпропану рівняння реакції: з натрієм, з магнієм, з спиртовим розчином луку під час нагрівання.
7. За допомогою яких якісних реакцій можна відрізнити 1-бромпропан, 3-бromo-1-пропен? Запишіть рівняння реакцій.
8. Які сполуки називають галогеноаренами?

9. Які види ізомерії характерні для галогеноаренів? На які типи їх поділяють? Поясніть на прикладі галогеноаренів складу  $C_7H_7Cl$ .
10. Охарактеризуйте взаємний вплив атома хлору і бензенового ядра в молекулі хлоробензену. Порівняйте характеристику зв'язку C-Cl (довжину, енергію, полярність) хлоробензену з аналогічними зв'язками у вінілхлориді та етилхлориді. Як ведуть себе ці сполуки в реакціях електрофільного заміщення?
11. Порівняйте будову молекули *n*-хлоротолуену і хлористого бензилу. Охарактеризуйте природу зв'язку C-Cl. У якій сполуці розрив цього зв'язку з утворенням аніона хлору має проходити легше? Чому?
12. Напишіть реакції хлоробензену з такими реагентами: 1)  $H_2SO_4$ ; 2)  $HNO_3$  ( $H_2SO_4$ ); 3)  $Br_2$  ( $FeBr_3$ ); 4)  $CH_3CH_2Br$  ( $AlBr_3$ ); 5)  $CH_3COCl$  ( $AlCl_3$ ). Охарактеризуйте вплив атома хлору на реакційну здатність хлоробензену і напрям заміщення у бензеновому ядрі. Поясніть, чому галоген у арилгалогенідах, проявляючи дезактивуючу дію на електрофільне заміщення, залишається *o*- і *n*-орієнтантом.
13. Поясніть, чому в процесі нуклеофільної реакції *n*-хлоротолуену з водним розчином лугу, яка вимагає жорстких умов проведення (нагрівання до  $340^\circ C$ ), були отримані однакові кількості ізомерних *n*- і *m*-крезенів  $HO-C_6H_4-CH_3$ , замість *n*-крезену. Наведіть механізм цієї реакції, яка містить стадію утворення дегідробензену.
14. На прикладі ізомерних нітрохлоробензенів розгляньте вплив нітрогрупи  $-NO_2$  на схильність до нуклеофільного заміщення атома галогену в ядрі. Напишіть схеми реакцій і розгляньте їх механізм.
15. Розмістіть наведені сполуки у порядку зростання їх реакційної здатності до нуклеофільного заміщення атома бромиду: 1) *n*-бромонітробензен; 2) бромобензен; 3) *n*-бромотолуен; 4) *n*-бромобензойна кислота; 5) бромодінітробензен; 6) бромотринітробензен. Наведіть пояснення.
16. Порівняйте будову хлористого бензилу та хлористого алілу. Поясніть їх підвищену активність у реакціях нуклеофільного заміщення. Напишіть реакції бензилхлориду з реагентами: 1) 5%-м водним розчином лугу; 2) етилатом натрію; 3) нітритом аргентуму; 4) ацетатом натрію; 5) сульфідом натрію; 6) амоніаком. Назвіть продукти.
17. Напишіть структурні формули ароматичних сульфокислот та їх похідних: 1) *n*-толуенсульфокислота; 2) *n*-толуенсульфохлорид; 3) *n*-толуенсульфоамід; 4) *n*-амінобензенсульфокислота (сульфанілова кислота); 5) *n*-бромобензенсульфохлорид; 6) ізопропіловий естер *n*-толуенсульфокислоти.
18. Напишіть реакцію сульфування толуену: 1) сульфатною кислотою; 2) оксидом сульфуру (VI); 3) хлорсульфоною кислотою. За яких умов у останній реакції одержується не толуенсульфокислота, а *o*- і *n*-толуенсульфохлориди?
19. Напишіть реакції бензенсульфокислоти з реагентами: 1)  $H_2SO_4$  ( $SO_3$ ); 2)  $HNO_3$  ( $H_2SO_4$ ); 3)  $Br_2$  ( $FeBr_3$ ). Охарактеризуйте вплив сульфогрупи на реакційну здатність аренив і напрям електрофільного заміщення у бензеновому ядрі.
20. Напишіть схеми реакцій *n*-толуенсульфокислоти з реагентами: 1)  $NaHCO_3$ ; 2)  $Ca(OH)_2$ ; 3)  $CaCO_3$ ; 4)  $PCl_5$ ; 5)  $NH_3$ ; 6)  $Zn + H_2SO_4$ . Назвіть отримані продукти.
21. Дією яких реагентів і в яких умовах можна замінити сульфогрупу в бензенсульфокислоті на: 1)  $-OH$ ; 2)  $-C\equiv N$ ; 3)  $-H$ ? Напишіть реакцію і вкажіть умови одержання *n*-крезену  $HO-C_6H_4-CH_3$  із *n*-толуенсульфокислоти.
22. Напишіть реакції *n*-толуенсульфонілхлориду з сполуками: 1)  $NH_3$ ; 2)  $C_2H_5NH_2$ ; 3)  $C_2H_5OH$ ; 4)  $NaOH$  ( $H_2O$ ); 5)  $NaOCOC_2H_5$ ; 6)  $Na_2S$ . Назвіть отримані продукти.
23. Охарактеризуйте вплив замісників у бензеновому ядрі на швидкість нітрування ароматичної сполуки. Розташуйте такі сполуки у порядку збільшення їх реакційної здатності: 1) бензен; 2) нітробензен; 3) хлоробензен; 4) *m*-динітробензен; 5) фенол; 6) толуен; 7) третбутилбензен.
24. Напишіть схему нітрування ізопропілбензену: 1) нітрувальною сумішшю; 2) розведеною нітратною кислотою під час нагрівання. Який механізм перебігу цих реакцій?
25. Наведіть схеми одержання моно-, ди- і тринітротолуенів і вкажіть умови на кожній стадії. Яке практичне використання має тринітротолуен?
26. На прикладі нітробензену покажіть, які реакції властиві нітрогрупі та бензеновому ядру.
27. Вкажіть характерні особливості відновлення нітросполук металами, на прикладі цинку, в лужному середовищі. Наведіть усі стадії перетворення нітробензену в анілін. Назвіть проміжні продукти.
28. Сульфід лужних металів частково відновлюють полінітросполуки. Напишіть реакцію відновлення *m*-динітробензену за допомогою  $Na_2S$ . Назвіть отриманий продукт.

29. Напишіть реакції *n*-нітротолуену з реагентами: 1)  $H_2$  (Ni); 2) Fe (HCl,  $H_2O$ ); 3)  $H_2N-NH_2$  (Ni); 4)  $LiAlH_4$ ; 5) Zn (HCl,  $H_2O$ ). Для останньої реакції наведіть схеми послідовних перетворень нітро-групи в аміногрупу.
30. Напишіть реакції *n*-динітробензену з реагентами: 1)  $Cl_2$  ( $FeCl_3$ ); 2) NaOH ( $H_2O$ , t); 3)  $CH_3ONa$  ( $CH_3OH$ ); 4)  $NH_3$  (спирт, t); 5)  $H_2SO_4$  ( $SO_3$ , t); 6)  $H_2$  (Ni). Поясніть чому *n*-динітробензен може вступати в реакцію як електрофільного, так і нуклеофільного заміщення.
31. Як впливає нітрогрупа на активність атомів гідрогену метильної групи нітротолуенів? Напишіть реакцію конденсації *o*-нітротолуену з триметилоцтовим альдегідом у присутності  $C_2H_5ONa$ . Чому толуен не вступає у цю конденсацію?
32. Які сполуки називають псевдокислотами? Чим вони відрізняються від справжніх кислот? Який з ізомерів ароматичних нітросполук складу  $C_7H_7NO_2$  є псевдокислотою і реагує з лугом, утворюючи солі? Напишіть цю реакцію. Поясніть.
33. Які сполуки називають спиртами? Як поділяються спирти залежно від місця положення гідроксильної групи?
34. Скільки гідроксильних груп може міститися поблизу атома карбону в стані  $sp^3$ -гібридизації? Чому?
35. Які види ізомерії характерні для одноатомних спиртів? Запишіть формули усіх ізомерних одноатомних спиртів загального складу  $C_4H_9OH$  і назвіть їх за систематичною і раціональною номенклатурою. Вкажіть які з них первинні, а які вторинні чи третинні.
36. Отримайте 2-пропанол: з галогеналкану, з алкену, відновленням відповідної карбонільної сполуки, з альдегіду і реактиву Грін'єра, з алкіламіну.
37. Які типи реакцій характерні для спиртів? Запишіть для 2-пропанолу рівняння реакцій: з Na, з нітратною кислотою, з оцтовою кислотою, з бромистим воднем, з пентахлоридом фосфору, з хлором, з водним розчином  $KMnO_4$  під час нагрівання, у процесі нагрівання в присутності конц.  $H_2SO_4$  (або  $Al_2O_3$ ), під час нагрівання у присутності дрібнорозтертої міді. Вкажіть тип кожної з реакцій.
38. Які з записаних для 2-пропанолу реакцій не будуть характерні для 2-метил-2-пропанолу? Чому?
39. Які продукти можна отримати дегідратацією етанолу? Від чого залежить вихід цих продуктів?
40. За допомогою якої якісної реакції можна відрізнити первинний, вторинний і третинний спирт?
41. Які сполуки називають ненасиченими спиртами? Запишіть формули найпростіших ненасичених спиртів і назвіть їх.
42. Чи стійкі спирти, у яких гідроксильна група міститься поблизу атома карбону в стані  $sp^2$ - або  $sp$ -гібридизації? Чому?
43. За допомогою яких реакцій можна відрізнити 1-пропанол і 2-пропен-1-ол? Запишіть рівняння цих реакцій.
44. Які спирти називають багатоатомними? Які з них називають гліколями? Запишіть формули найпростіших дво- і триатомних спиртів і назвіть їх.
45. Скільки груп  $-OH$  може міститись поблизу одного атома карбону в стані  $sp^3$ -гібридизації? Чому?
46. Отримайте пропіленгліколь: з пропену, з оксиду пропену.
47. Отримайте гліцерин з пропену.
48. Що спільного і яка відмінність між хімічними властивостями одно- і багатоатомних спиртів? За допомогою якої реакції можна відрізнити одно- і багатоатомні спирти? Запишіть рівняння цієї реакції для етиленгліколю і гліцерину.
49. Які сполуки можна отримати дегідратацією етиленгліколю? Запишіть рівняння реакції їх утворення.
50. Напишіть структурні формули сполук: 1) фенол (карболова кислота); 2) бензиловий спирт; 3) резорцин; 4) пірогалол; 5) гідрохінон; 6) *o*-крезол; 7) пірокатехін; 8) 2,4,6-тринітрофенол (пікринова кислота); 9) анізол.
51. Напишіть схеми реакцій промислових методів отримання фенолу з: 1) хлоробензену; 2) бензенсульфо кислоти; 3) кумену. Які переваги над іншими має куменовий метод?
52. За допомогою електронних ефектів опишіть взаємний вплив бензенового ядра і гідроксильної групи.
53. Поясніть чому дво- і триатомні феноли схильні до таутомерії. Напишіть таутомерні форми резорцину та флюороглоцину.
54. Поясніть, чому фенол має значно вищі кислотні властивості ніж бензиловий спирт і наближається за кислотністю до вугільної кислоти.
55. Як впливають на кислотні властивості фенолів електронодонорні та електроноакцепторні замісники в бензольному ядрі? Розташуйте наведені феноли у порядку зростання їх

- кислотності: 1) фенол; 2) *n*-метоксифенол; 3) *n*-крезен; 4) *o*-нітрофенол; 5) 2,4-динітрофенол; 6) 2,4,6-тринітрофенол; 7) *m*-нітрофенол.
56. Напишіть реакції фенолу з реагентами: 1) NaOH (H<sub>2</sub>O); 2) CH<sub>3</sub>MgI; 3) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa; 4) FeCl<sub>3</sub> (H<sub>2</sub>O). Яка з реакцій є якісною для виявлення фенольного гідроксилу?
  57. Напишіть реакції *n*-крезену з реагентами: 1) NaOH (H<sub>2</sub>O); 2) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa, а потім C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Br; 3) (CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> (KOH, H<sub>2</sub>O); 4) ClCH<sub>2</sub>-COOH (KOH, H<sub>2</sub>O); 5) (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O; 6) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COCl (NaOH, H<sub>2</sub>O). Наведіть продукти реакцій.
  58. Порівняйте хімічні властивості фенолу і бензилового спирту. Як вони відносяться до реагентів: 1) Na; 2) NaOH (H<sub>2</sub>O); 3) CH<sub>3</sub>COOH (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); 4) PCl<sub>5</sub>; 5) CH<sub>3</sub>COCl? Наведіть рівняння реакцій.
  59. Порівняйте реакційну здатність бензену і фенолу в реакціях електрофільного заміщення. Наведіть реакції та умови нітрування, бромовання і сульфування фенолу.
  60. Напишіть реакції фенолу з реагентами: 1) H<sub>2</sub> (Ni), 170°C; 2) CrO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O; 3) HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OH; 4) NaNO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> розв.; 5) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> конц. при 100°C. Назвіть продукти реакцій.
  61. Які сполуки називають альдегідами, а які кетонами? Що є спільного і яка відмінність у їх будові?
  62. Які види ізомерії характерні для аліфатичних карбонільних сполук? Запишіть формули усіх ізомерних карбонільних сполук загального складу C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O і назвіть їх за систематичною і тривіальною (альдегіди) або раціональною (кетони) номенклатурою.
  63. Отримайте пропаналь і пропанон: окисненням відповідного спирту, дегідруванням відповідного спирту, з дигалогеноалкану, піролізом кальцієвих солей карбонових кислот.
  64. Отримайте пропаналь оксосинтезом, етаналь і пропанон з алкіну реакцією Кучерова.
  65. Зобразіть електронну будову карбонільної групи. У якому гібридизованому стані міститься у ній атом карбону? Які електронні ефекти простежуються в молекулах альдегідів і кетонів?
  66. Які типи реакцій характерні для альдегідів і кетонів для карбонільної групи? Запишіть для етаналю і пропанону рівняння реакцій: з воднем, з синильною кислотою, з метанолом, з гідросульфідом натрію, з пентахлоридом фосфору, з гідроксиламіном, з фенілгідразином. Вкажіть тип кожної з реакцій. Що легше вступає у ці реакції – альдегід чи кетон? Чому?
  67. Які реакції характерні для аліфатичних альдегідів і кетонів для вуглеводневого радикалу? Запишіть рівняння реакцій хлорування пропаналю і бутанону. У яке положення ідуть ці реакції і чому?
  68. За допомогою яких реакцій можна відрізнити альдегіди від кетонів? Запишіть рівняння цих реакцій для етаналю.
  69. Завдяки чому і в яких умовах ідуть реакції альдольної і кротонової конденсації? Запишіть рівняння цих реакцій для пропаналю.
  70. Який з альдегідів найлегше вступає у реакцію полімеризації? Запишіть рівняння реакції. Як називають розчин цього альдегіду у воді?
  71. Які сполуки називають карбоновими кислотами? Як їх поділяють залежно від будови вуглеводневого радикалу і кількості карбоксильних груп?
  72. Запишіть формули насичених одноосновних кислот до C<sub>5</sub> та назвіть їх. Які кислоти відносять до вищих? Запишіть формули і назвіть дві вищі насичені одноосновні кислоти.
  73. Який вид ізомерії характерний для насичених одноосновних кислот? Запишіть формули усіх ізомерних кислот загального складу C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub> і назвіть їх.
  74. Отримайте пропанкарбову кислоту: окисненням спирту, з алкену оксосинтезом, з галогеноалкану через нітрil, з галогеноалкану через магнійорганічну сполуку.
  75. Відобразіть електронну будову карбоксильної групи. У якому гібридизованому стані міститься атом карбону? Які електронні ефекти простежуються у карбоксильній групі?
  76. Який електронний ефект проявляє карбоксильна група по відношенню до вуглеводневого радикалу? Як впливає будова вуглеводневого радикалу на кислотні властивості кислот?
  77. Які типи реакцій характерні для карбонових кислот? Запишіть для пропанкарбової кислоти рівняння реакцій: з цинком, з гідроксидом калію, з етанолом, з пентахлоридом фосфору, з амоніаком (під час нагрівання), з хлором. Назвіть продукти реакцій і вкажіть тип кожної з них.
  78. Які сполуки відносять до функціональних похідних кислот? Запишіть формули метилового естеру, хлорангідриду, аміду і ангідриду бутанової кислоти.
  79. Які типи реакцій найхарактерніші для функціональних похідних кислот? Які з них є добрими ацилюючими реагентами? Запишіть для них рівняння реакцій ацетилювання етанолу, аміноетану. Яке промислове використання мають мурашина і оцтова кислоти?
  80. Які сполуки називають ненасиченими одноосновними кислотами? Запишіть формули двох найважливіших ненасичених одноосновних кислот і назвіть їх.

81. Запишіть формули і назвіть три вищі ненасичені одноосновні кислоти.
82. Отримайте пропену кислоту: з ацетилену, з оцтового альдегіду.
83. Які типи реакцій характерні для ненасичених кислот для карбоксильної групи і для вуглеводневого радикалу? Запишіть для пропенової кислоти рівняння реакцій: з гідроксидом натрію, з метанолом, з пентахлоридом фосфору, з бромом, з водою, з бромистим воднем. Назвіть продукти реакцій і назвіть тип кожної з них.
84. Як ідуть реакції приєднання для  $\alpha, \beta$ -ненасичених кислот? Чому?
85. Запишіть рівняння реакцій полімеризації акрилової кислоти, метилакрилату, акрилонітрилу.
86. Які сполуки називають жирами? Які з них тверді, а які рідкі (олії)? Запишіть формули твердого жиру і олії.
87. Запишіть рівняння реакцій: гідрогенізації триолеїнату гліцерину, омилення тристеарату гліцерину. Для чого використовують ці реакції?
88. Які сполуки називають милами? Чим зумовлюється мюоча здатність мила?
89. Які сполуки називають двоосновними насиченими кислотами? Запишіть формули і назвіть перші п'ять гомологів цього класу сполук.
90. Отримайте малонову кислоту: окисненням гліколю, з дибромометану, з оцтової кислоти.
91. Яка з кислот має сильніші кислотні властивості: оцтова чи щавлева? Малонова чи адипінова? Чому?
92. Які два ряди похідних і залежно від чого утворюють двоосновні кислоти? Поясніть на прикладі взаємодії малонової кислоти: з гідроксидом натрію, з етанолом, з амоніаком (під час нагрівання).
93. Які особливості двоосновних кислот порівняно з одноосновними? Як вони ведуть себе під час нагрівання вище від температур топлення?
94. Якими властивостями відрізняється малонова кислота та її похідні від інших двоосновних кислот? Чому?
95. Отримайте з діетилового естеру малонової кислоти 3-метилбутанову та бутандіову кислоти.
96. Які реакції називають реакціями поліконденсації? Отримайте реакцією поліконденсації з адипінової кислоти поліестер і поліамід. Яке промислове використання мають двоосновні кислоти?
97. Які сполуки називають ненасиченими двоосновними кислотами? Запишіть формули і назвіть два представники цього класу сполук.
98. Якими хімічними властивостями відрізняються малеїнова кислота від бурштинової? Малеїнова кислота від фумарової? Чому? Запишіть рівняння реакцій, що підтверджують ці властивості.
99. Яка з кислот стійкіша і чому: малеїнова чи фумарова?
100. Напишіть структурні формули кислот: 1) бензойна; 2) фталева; 3) ізофталева; 4) терефталева; 5) 1,2,4-бензентрикарбонова; 6) *o*-толуїлова; 7) фенілоцтова; 8) 3-фенілпропенова. Вкажіть на ароматичні і жирноароматичні кислоти.
101. Напишіть структурні формули функціональних похідних карбонових кислот: 1) толуїлхлорид; 2) бензамід; 3) ціанобензен; 4) ацетилсаліцилова кислота (аспірин); 5) імід фталевої кислоти (фталімід); 6) пероксид бензоїлу; 7) фталевий ангідрид.
102. Напишіть реакції та вкажіть умови одержання бензойної кислоти з речовин: 1) толуєну; 2) бромобензену через магнійорганічну сполуку; 3) бензилового спирту; 4) бензальдегіду; 5) ацетофенону; 6) бензонітрилу; 7) бензентрихлориду; 8) фталевої кислоти.
103. Отримайте терефталеву кислоту з речовин: 1) *n*-ксилену; 2) толуєну (карбонілюванням з наступним окисненням); 3) карбоксилуванням солі бензойної кислоти. Який із названих методів має промислове використання?
104. Одержіть хлористий бензоїл у одну стадію з таких речовин: 1) бензойної кислоти; 2) бензену; 3) бензальдегіду.
105. Охарактеризуйте взаємний вплив карбоксильної групи і бензенового ядра. Які електронні ефекти проявляє карбоксильна група?
106. Охарактеризуйте вплив електронодонорних та електроноакцепторних замісників на кислотні властивості заміщених бензойних кислот.
107. Напишіть реакції *n*-толуїлової кислоти з реагентами: 1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 2)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; 3)  $\text{NH}_3$ ; 4)  $\text{PCl}_5$ ; 5)  $\text{SOCl}_2$ ; 6)  $\text{Br}_2$  (світло); 7)  $\text{HNO}_3$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); 8)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 9)  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ ); 10)  $\text{CH}_3\text{MgI}$ .
108. Напишіть реакції взаємодії бензоїлхлориду з сполуками: 1)  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{NaOH}$ ); 2)  $\text{NH}_3$ ; 3)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; 4)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ; 5)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ; 6)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  ( $\text{AlCl}_3$ ).
109. Напишіть реакції бензаміду із сполуками: 1)  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}^+$ ,  $t$ ); 2)  $\text{Br}_2$  ( $\text{KOH}$ ); 3)  $\text{LiAlH}_4$ , потім  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}^+$ ). Назвіть продукти реакцій.

110. Напишіть реакції ціанобензену з реагентами: 1)  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}^+$ ), t; 2)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}$ , потім з  $\text{H}_2\text{O}$ ; 3)  $\text{LiAlH}_4$ , потім з  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}^+$ ); 4)  $\text{Br}_2$  ( $\text{AlCl}_3$ ). Назвіть продукти реакції.

### Контрольні запитання до змістового модуля 3

1. Які сполуки називають гідоксикислотами? Як їх поділяють залежно від кількості груп  $-\text{COOH}$  і  $-\text{OH}$ ? Запишіть формули найпростіших гідоксикислот різного типу і назвіть їх.
2. Які види структурної ізомерії характерні для одноосновних двоатомних гідоксикислот? Запишіть формули усіх ізомерних гідоксикислот загального складу  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$  і назвіть їх.
3. Який вид просторової ізомерії простежується у багатьох гідоксикислотах? Чим він зумовлений? Для якої з гідоксикислот він характерний:  $\alpha$ -гідоксипропіонової чи  $\beta$ -гідоксипропіонової? Чому? Запишіть проєкційні формули просторових ізомерів цієї кислоти.
4. Які стереоізомери називають енантіомерами (оптичними антиподами), а які діастереомерами? Якими властивостями вони відрізняються? Що називають рецематом?
5. Які стереоізомери відносяться до D-ряду, а які – до L-ряду? Запишіть формули D- і L-гідоксимасляних кислот.
6. Отримайте гліколеву кислоту з оцтової кислоти,  $\alpha$ -гідоксизомасляну кислоту з ацетону,  $\beta$ -гідоксизомасляну кислоту з метакрилової кислоти,  $\beta$ -гідоксимасляну кислоту з оцтового альдегіду.
7. Властивості яких класів органічних сполук проявляють гідоксикислоти? Запишіть рівняння реакцій молочної кислоти: з гідоксидом натрію, з натрієм, з етанолом, з бромистим воднем, з пентахлоридом фосфору, з хлористим ацетилом. Назвіть продукти реакцій і вкажіть тип кожної з них.
8. Як ведуть себе гідоксикислоти у процесі нагрівання вище від температур топлення? Які продукти і залежно від чого під час цього утворюються? Поясніть на прикладах молочної,  $\beta$ -гідоксимасляної і  $\gamma$ -гідоксимасляної кислот.
9. Напишіть структурні формули сполук: 1) формілоцтова кислота; 2) оксоетанова кислота; 3) 4-оксопентанова (левулінова) кислота; 4) метиловий естер гліоксилової кислоти; 5) нітрил піровиноградної кислоти; 6) метиловий естер ацетооцтової кислоти; 7) амід  $\beta$ -кетовалеріанової кислоти; 8) оксим  $\beta$ -кетомасляної кислоти.
10. Синтезуйте піровиноградну кислоту: 1) із ацетилхлориду через нітрил; 2) нагріванням (піролізом) винної кислоти; 3) окисненням відповідної гідоксикислоти.
11. Отримайте ацетооцтовий естер із етилацетату. Розгляньте механізм естерної конденсації Кляйзена.
12. Синтезуйте ацетооцтову кислоту і ацетооцтовий естер із дикетену.
13. Дайте визначення поняттю кетоенольна таутомерія. Напишіть енольні форми для ацетону, ацетооцтового естеру, ацетилацетону. Які чинники будови молекули впливають на положення таутомерної рівноваги у  $\beta$ -дикарбонільних сполуках? Поясніть чому вміст енолу в ацетоні менший за 0,001%, у ацетилацетоні – 80%, в ацетооцтовому естері – 7%, а диметилацетооцтовий естер не енолізується.
14. Які реакції характерні для кетонної і енольної форми ацетооцтового естеру?
15. Напишіть схеми реакцій гліоксилової кислоти з реагентами: 1)  $\text{NaHSO}_3$ ; 2)  $\text{HCN}$ ; 3)  $\text{NH}_2\text{OH}$ ; 4)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+\text{OH}^-$ ; 5) надлишок 40%-го  $\text{NaOH}$ ; 6)  $\text{NaHCO}_3$ ; 7)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ ). Назвіть продукти.
16. Яких перетворень зазнає ацетооцтовий естер: 1) під час нагрівання з розведеною кислотою; 2) під час дії концентрованого розчину лугу?
17. Напишіть реакцію ацетооцтового естеру з етилатом натрію. Розгляньте будову натрійацетооцтового естеру. Як ця сіль реагує з сполуками: 1)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ ; 2)  $\text{CH}_3\text{COCl}$ ? Що розуміють під двоїстою реакційною здатністю натрійацетооцтового естеру?
18. Як за допомогою ацетооцтового естеру синтезувати 3-метилбутанову кислоту та ізобутилметилкетон?
19. Як за допомогою ацетооцтового естеру синтезувати пентандіову кислоту та 2,4-гептандіон?
20. Які сполуки називають аліфатичними (жирними) амінами? Які аміни називають первинними, які – вторинними, а які третинними?
21. Які види ізомерії характерні для амінів? Запишіть формули усіх ізомерних амінів загального складу  $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$  і назвіть їх.
22. Отримайте пропіламін: з 1-бромпропану, з бромоетану, з 1-нітропропану, з аміду відповідної карбонової кислоти.
23. Які властивості виявляють усі аміни? Чому? Запишіть рівняння реакцій етил-, діетил- і триетиламіну: з водою, з хлоридною кислотою, з сульфатною кислотою. Назвіть продукти реакцій.

24. Що є сильнішою основою: амоніак чи етиламін? Чому?
25. Який тип реакцій характерний для первинних і вторинних амінів і не характерний для третинних амінів? Запишіть рівняння реакцій етил- і діетиламіну: з бромоетаном, з оцтовим ангідридом, з хлористим ацетилом. Назвіть продукти реакцій.
26. За допомогою якого реагенту можна відрізнити первинні, вторинні і третинні аміни? Запишіть рівняння реакцій, що під час цього проходять для етил-, діетил- і триетиламіну.
27. Які сполуки називають діамінами?
28. Які сполуки називають амінокислотами? Які види ізомерії для них характерні? Запишіть формули усіх ізомерних амінокислот – загального складу  $C_4H_9NO_2$  і назвіть їх.
29. Для якої з амінокислот буде характерна оптична ізомерія:  $\alpha$ -аміномасляної чи  $\alpha$ -аміноізомасляної? Чому? Запишіть проєкційні формули енантіомерів цієї кислоти.
30. Амінокислоти якого типу найпоширеніші у природі? До складу яких сполук вони входять? Які з них називають незамінними?
31. Як поділяють амінокислоти залежно від кількості груп –  $COOH$  і –  $NH_2$ ? Наведіть приклади нейтральних, основних і кислотних амінокислот.
32. Отримайте: гліцин з оцтової кислоти,  $\alpha$ -аміноізомасляну кислоту з ацетону,  $\beta$ -аміноізомасляну кислоту з метакрилової кислоти.
33. Чому амінокислоти існують у виді біполярних іонів і мають амфотерні властивості? Запишіть рівняння реакцій, які підтверджують амфотерні властивості гліцину.
34. Що називають ізоелектричною точкою амінокислоти? Як її використовують для виділення індивідуальних амінокислот з їх суміші?
35. Хімічні реакції яких класів органічних сполук характерні для амінокислот? Запишіть рівняння реакцій аланіну: з етанолом, з амоніаком (при нагріванні), з пентахлоридом фосфору, з водометаном, з оцтовим ангідридом, з нітритною кислотою. Назвіть продукти реакцій і назвіть тип кожної з них.
36. Які сполуки утворюють  $\alpha$ -амінокислоти з гідроксидом купруму? Поясніть на прикладі взаємодії гідроксиду купруму з аланіном.
37. Як ведуть себе амінокислоти під час нагрівання? Які сполуки, і залежно від чого, під час цього утворюються? Поясніть на прикладах аланіну,  $\beta$ -аміномасляної кислоти,  $\delta$ -аміновалеріанової кислоти і  $\epsilon$ -амінокапронової кислоти.
38. Напишіть структурні формули амінів: 1) анілін; 2) *o*-толуїдин; 3) *m*-метоксианілін (*m*-анізидин); 4) *n*-етоксианілін (*n*-фенетидин); 5) бензиламін; 6) дифеніламін; 7) *N,N*-диметиланілін; 8) *m*-фенілендіамін; 9) 2-феніл-1-етиламін; 10) бензилфеніламін; 11) трифеніламін. Відмітьте первинні, вторинні та третинні аміни. Які серед них ароматичні, жирноароматичні, аліфатичні?
39. Напишіть рівняння реакцій одержання бензиламіну з речовин: 1) хлористого бензилу; 2) бензонітрилу; 3) бензальдегіду; 4) аміду фенілоцтової кислоти; 5) фенілнітрометану.
40. Напишіть рівняння реакцій отримання аніліну з сполук: 1) нітробензену; 2) хлоробензену; 3) бензаміду. Вкажіть умови реакцій.
41. Розташуйте нижче подані сполуки у порядку зменшення їх головних властивостей: 1) *N,N*-диметиланілін; 2) анілін; 3)  $NH_3$ ; 4) метиламін; 5) дифеніламін; 6) трифеніламін. Наведіть пояснення.
42. Напишіть реакції алкілювання амінів: 1) спиртами; 2) алкілгалогенідами; 3) діалкілсульфатами.
43. Напишіть рівняння реакцій ацилювання аніліну з речовинами: 1) оцтовою кислотою (під час нагрівання); 2) мурашиною кислотою; 3) ацетилхлоридом; 4) оцтовим ангідридом.
44. Як реагують з нітритною кислотою речовини: 1) *n*-толуїдин; 2) бензиламін; 3) *N*-етиланілін; 4) діетиланілін? Напишіть рівняння реакцій і назвіть отримані продукти.
45. Які речовини утворюються під час дії бромної води на сполуки: 1) анілін; 2) 2,4,6-триметиланілін; 3) ацетанлід? Чому під час бромовання аніліну утворюється триброманілін, а ацетанлід утворює лише монобромпохідне?
46. Напишіть реакції *n*-бromoаніліну з речовинами: 1)  $HBr$ ; 2)  $CH_3Br$ ; 3)  $HNO_2$ ; 4)  $C_6H_5-CH=O$ . Назвіть продукти.
47. Чим відрізняються за будовою діазо- і азосполуки? До якого з цих класів належать такі сполуки: 1)  $C_6H_5-N \equiv N^+Cl^-$ ; 2)  $C_6H_5-N=N-CN$ ; 3)  $C_6H_5-N=N-C_6H_5$ ; 4)  $C_6H_5-N=NO^-Na^+$ ; 5)  $C_6H_5-N \equiv N^+BF_4^-$ ? Серед діазосполук вкажіть солі діазонію. Поясніть такі поняття: азогрупа, діазонієва група. Назвіть вищеподані сполуки.
48. Дайте визначення реакції діазотування. У яких умовах проводять діазотування аніліну? Яка роль мінеральної кислоти?
49. Які типи хімічних перетворень характерні для солей діазонію? Покажіть на прикладі бензедіазонійхлориду.

50. Напишіть реакції йодистого *n*-толлідіазонію з реагентами при 0°C: 1) NaOH (надл.); 2) CH<sub>3</sub>COONa; 3) NaCN; 4) NaBF<sub>4</sub>. Назвіть отримані сполуки.
51. Назвіть сполуки, які утворюються під час нагрівання водного розчину бензендіазонійхлориду в присутності сполук: 1) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH; 2) KI; 3) KSH; 4) Cu<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>; 5) Cu<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>; 6) CuCN; 7) H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>.
52. Напишіть схеми одержання: 1) *n*-толуїлової кислоти з *n*-толуїдину; 2) *o*-хлоробензойної кислоти з *o*-толуїдину.
53. Яку реакцію називають азосполученням (азокопуляцією)? Наведіть схеми азокопуляції *n*-нітрофенілдіазонійхлориду з: 1) фенолом; 2) N,N'-диметиланіліном. Вкажіть умови перебігу реакцій.
54. Як впливають електронодонорні і електроноакцепторні замісники в ароматичному ядрі діазокатіонів на швидкість реакції азосполучення (на електрофільні властивості діазокатіона)?
55. Напишіть рівняння реакції отримання азобарвника – метилового оранжевого (геліантину) з сульфанілової кислоти і N,N'-диметиланіліну.
56. Напишіть структурні формули барвників, якщо відомо, що у процесі відновного їх розщеплення (SnCl<sub>2</sub> + HCl) були одержані такі аміни: 1) *n*-толуїдин і *n*-амінофенол; 2) *n*-амінофенол і *o*-амінобензойна кислота.
57. Які сполуки називають вуглеводами або цукрами? Їх значення та поширення у природі.
58. На які групи поділяють вуглеводи залежно від їх відношення до реакції гідролізу?
59. Як поділяють моносахариди залежно від їх будови? Запишіть структурні формули будь-якої альдопентози, альдогексози і кетогексози. За допомогою яких реакцій можна підтвердити їх будову? Запишіть рівняння реакцій.
60. Який вид ізомерії характерний для моносахаридів? Чому? Скільки існує ізомерних альдопентоз? Альдогексоз? Запишіть проєкційні формули трьох найважливіших альдопентоз і трьох альдогексоз і назвіть їх.
61. За якою ознакою визначають належність моносахариду до D- чи L-ряду? Запишіть формули D- і L-фруктози.
62. Які моносахариди називають епімерами? Запишіть проєкційні формули епімерів D-фруктози і назвіть їх. Відмітьте у формулах фрагменти молекул, які є однаковими для усіх епімерів D-фруктози.
63. Що називають явищем таутомерії? Який вид таутомерії характерний для моносахаридів? Чим зумовлені таутомерні перетворення моносахаридів?
64. Зобразіть проєкційними формулами і формулами Хеуорса усі таутомерні форми D-манози. Виділіть у формулах аномерний атом карбону і напівацетальний гідроксил.
65. Які циклічні таутомерні форми моносахаридів називають піранозами, які фуранозами? Які з них називають α-, а які β-формами? Назвіть усі таутомерні форми D-манози.
66. У яких таутомерних формах поширені в природі найважливіші альдогексози? D-фруктоза? D-рибоза? Запишіть їх.
67. Яке явище називають мутаротацією? З чим воно пов'язане? Поясніть на прикладі мутаротації α-D-глюкопіранози.
68. Як отримують моносахариди у промисловості? Унаслідок якого процесу вони синтезуються в природі? Як їх можна одержати синтетично?
69. Властивості яких класів сполук переважно проявляють моносахариди в відкритій (ланцюговій) формі? Запишіть рівняння реакцій D-манози: з воднем, синильною кислотою, гідроксиламіном, фенілгідразином, бромною водою. Вкажіть тип кожної з реакцій. З яким з наведених реагентів не буде реагувати D-фруктоза? Чому?
70. Запишіть рівняння реакцій D-глюкози з аміачним розчином оксиду аргентуму. Чи буде ця реакція проходити з D-фруктозою? Чому? Запишіть схему епімеризації D-фруктози.
71. Як відбувається окиснення альдоз у процесі дії на них сильних окисників? Запишіть схему окиснення D-глюкози нітратною кислотою і назвіть продукт реакції.
72. Властивості яких класів сполук проявляють моносахариди у циклічних формах? Яка з груп – OH у цих формах найреакційноздатніша і може реагувати із спиртами, фенолами, амінами та іншими реагентами?
73. Запишіть рівняння реакцій α-D-глюкопіранози: з хлористим ацетилом, оцтовим ангідридом, йодометаном. Вкажіть тип кожної з реакцій і назвіть продукти реакцій.
74. Які продукти можна отримати унаслідок бродіння D-глюкози під дією різних ферментів? Запишіть схеми їх утворення.
75. Який промислово важливий продукт одержують дегідратацією пентоз? Запишіть схему його утворення.
76. Які вуглеводи відносять до олігосахаридів? Які з олігосахаридів найпоширеніші у природі?

77. Завдяки взаємодії яких функціональних груп моносахаридів можуть утворюватись дисахариди? Поясніть схемами утворення мальтози і трегалози.
78. На які типи поділяють дисахариди за будовою і властивостями? Запишіть формули целобіози і цукрози та вкажіть до якого типу дисахаридів належить кожна з них. Яка з них може реагувати з метанолом? Запишіть рівняння реакції.
79. Для якого з дисахаридів – мальтози чи трегалози буде характерна реакція срібного дзеркала і чому? Запишіть рівняння реакції.
80. Яка з реакцій, у які вступають дисахариди, не характерна для моносахаридів? Запишіть рівняння цієї реакції для целобіози.
81. Яке явище називають інверсією цукру? Чим воно зумовлене? Запишіть рівняння реакції, що зумовлює інверсію цукрози.
82. Які вуглеводи відносять до нецукроподібних полісахаридів або поліоз?
83. Яку будову можуть мати макромолекули поліози? Завдяки взаємодії яких функціональних груп моносахаридів утворюються макромолекули лінійної і розгалуженої будови? Поясніть їх утворення на прикладі  $\alpha$ -D-глюкопіранози.
84. Де трапляється у природі крохмаль і яку роль він відіграє?
85. З яких полісахаридів складається крохмаль? Їх вміст у крохмалі і будова.
86. Яка якісна реакція на крохмаль? Що бере в ній участь: амілоза чи амілопектин?
87. Яка з хімічних реакцій крохмалю найбільш промислово важлива? Запишіть постадійну схему цієї реакції і вкажіть, для чого використовують її продукти.
88. Який полісахарид за своєю будовою подібний до амілопектину, але має розгалуженішу будову і більшу молекулярну масу? Де він зустрічається і яку роль він відіграє?
89. Де в природі поширена целюлоза? Чим за будовою вона відрізняється від крохмалю? Запишіть складову ланку целюлози.
90. У чому розчиняється целюлоза? Для чого в промисловості використовують процеси розчинення і осадження целюлози? Який з цих процесів називають мерсеризацією целюлози?
91. Що називають мідним числом целюлози і що ним характеризують? Запишіть рівняння реакцій, що відбуваються у процесі визначення мідного числа целюлози.
92. У яких умовах іде реакція гідролізу целюлози? Запишіть схему реакції.
93. Як отримують етери целюлози? Які з них мають важливе промислове значення? Запишіть схему одержання метил-, етил-, карбоксиметилцелюлози і вкажіть їх використання.
94. Запишіть схеми нітрування, ацетилювання і ксантогенування целюлози і вкажіть на використання продуктів реакцій.
95. Які сполуки відносять до гетероциклічних? Які гетероатоми переважно входять до складу гетероциклічних сполук? За якими ознаками класифікують гетероциклічні сполуки?
96. Які п'ятичленні гетероциклічні сполуки з одним гетероатомом найважливіші? Запишіть формули і назвіть їх.
97. Як у промисловості одержують фуран?
98. Отримайте з ацетилену і неорганічних реагентів: тіофен, пірол. Одержіть двома способами індол.
99. За допомогою якої реакції один п'ятичленний гетероцикл можна перетворити на інший? Запишіть схему цих перетворень і вкажіть умови їх проходження.
100. Чому п'ятичленні гетероцикли мають ароматичні властивості? Які електронні ефекти простежуються у їх молекулах?
101. Який з гетероциклів – фуран, пірол чи тіофен за своїми властивостями найбільш подібний до бензену? Чому?
102. Чи зберігають п'ятичленні гетероцикли свої ароматичні властивості в сильноокислому середовищі? Чому?
103. У які типи реакцій легко вступають усі п'ятичленні гетероцикли? У яке положення легко ідуть реакції електрофільного заміщення водню для фурану, тіофену і піролу, а у яке – для індолу? Чому? Чи можна проводити ці реакції у сильноокислому середовищі?
104. Запишіть для будь-якого п'ятичленного гетероциклу рівняння реакцій: з ацетилнітратом; з оцтовим ангідридом; бромом; комплексом піридину і  $\text{SO}_3$ ; воднем. Назвіть продукти реакцій і вкажіть тип кожної з них.
105. Які з п'ятичленних гетероциклів проявляють кислотні властивості? Чому? Запишіть рівняння реакцій, що підтверджують це.
106. Які шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом найважливіші? Запишіть формули і назвіть їх.


107. Чому піридин і хінолін на відміну від піролу чи індолу проявляють основні властивості? Запишіть рівняння реакцій, що підтверджують це.
108. Що легше вступає у реакції електрофільного заміщення атомів водню в ядрі – бензен чи піридин? Чому? У яке положення ідуть ці реакції для піридину? Запишіть для піридину рівняння реакцій: нітрування; сульфування; бромовання і вкажіть умови їх проходження.
109. У який тип реакцій на відміну від бензену вступає піридин? У яке положення ідуть ці реакції? Чому? Запишіть схему взаємодії піридину: з гідроксидом калію; з амідом натрію. Назвіть продукти реакцій.
110. Які з речовин будуть окиснюватись у разі дії окиснювачів під час нагрівання: піридин,  $\alpha$ -метилпіридин ( $\alpha$ -піколін), хінолін? Запишіть рівняння реакцій і назвіть продукти.
111. Запишіть рівняння реакції гідрування піридину і вкажіть умови реакції. Що буде сильнішою основою: піридин чи піперидин? Чому?
112. До складу яких природних речовин входять гетероциклічні сполуки?
113. З яких п'ятичленних циклів складається ядро порфіну? Які сполуки називають порфіринами?
114. Завдяки чому порфін і порфірини можуть утворювати комплексні солі з металами? Запишіть схему їх утворення на прикладі комплексної солі магнію.

Автор



Назарій ПОХОДИЛО

"Погоджено"



Голова методичної ради  
біологічного факультету  
Віталій ГОНЧАРЕНКО

"29" серпня 2025 р.

Гарант ОПП «Біотехнології та біоінженерія»



Віктор ФЕДОРЕНКО

"28" серпня 2025 р.