

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ**

**Кафедра органічної хімії**



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Директор навчально-наукового  
інституту хімії та екології

Василь ЛЕНДЄЛ

« 27 \* » *сервіз* 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ОРГАНІЧНА ХІМІЯ»**

Рівень вищої освіти	<b>перший (освітньо-професійний)</b>
Галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
Спеціальність	<b>102 Хімія</b>
Освітня програма	<b>Освітньо-професійна програма для здобувачів першого рівня вищої освіти «бакалавр»</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород 2023**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Органічна хімія**» для здобувачів першого рівня вищої освіти «бакалавр» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 102 «Хімія».

**Розробники:**

д.х.н., доцент, завідувач кафедри органічної хімії Михайло ОНИСЬКО  
д.х.н., доцент, директор ННІХЕ Василь ЛЕНДЕЛ

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри органічної хімії

Протокол № 9 від «08» серпня 2023 року

Завідувач кафедри органічної хімії  доц. Михайло ОНИСЬКО

Схвалено науково-методичною комісією навчально-наукового інституту хімії та екології

Протокол № 10 від «26» серпня 2023 року

Голова науково-методичної комісії  Михайло СЛИВКА

«26» серпня 2023 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3 / 7 / 10 Усього: 20	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 90 / 210 / 300 Усього: 600	<b>2, 3</b>	
Кількість модулів – 2 / 2 / 2 Усього: 6	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 3 / 6 / 9  самостійної роботи студента – 3 / 6 / 10	<b>4-6</b>	
	Лекції:	
	<b>28/30/36</b>	
	Практичні (семінарські):	
	<b>16/16/18</b>	
Вид підсумкового контролю: залік / екзамен / екзамен	Лабораторні:	
	<b>0/58/96</b>	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	<b>46/106/150</b>	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

### Мета дисципліни:

Пізнання загальних законів, що пов'язують будову та властивості органічних речовин, вивчення шляхів синтезу та властивостей органічних сполук, а також їх використання в промисловості, сільському господарстві, медицині та інших галузях народного господарства. Забезпечити оволодіння студентами фундаментальними основами органічної хімії, зокрема, номенклатурою, ізомерією та будовою органічних речовин, взаємним впливом атомів та груп атомів в органічних сполуках, методами синтезу, хімічними властивостями гомо- та гетерофункціональних органічних сполук, їх взаємозв'язок; вміння досліджувати будову фізико-хімічними методами, формування здібностей експериментатора та спонукання до самостійної роботи студента з метою активізації його пізнавальної та практичної діяльності

### Студент повинен знати:

теоретичні основи будови органічних сполук, навички по синтезу та дослідженню їх властивостей.

### Студент повинен вміти:

синтезувати органічні сполуки, їх модифікувати, дослідити фізико-хімічні та хімічні властивості; вести протоколи експериментальних досліджень, де вказувати мету, хід роботи, таблиці розрахунку синтезу, результати досліджень та висновки; володіти основними прийомами органічного синтезу; грамотно вести підбір умов реакції для отримання оптимального результату; правильно орієнтуватись в науковій літературі та користуватись відповідною довідниковою літературою.

Навчання дисципліни має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 3. Здатність працювати у команді.

ЗК 5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 9. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

ЗК 11. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК 14. Здатність до системного творчого мислення, наполегливість у досягненні мети професійної та науково-дослідницької діяльності, гнучкість мислення

ФК 1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

ФК 2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

ФК 3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

ФК 4. Здатність до використання спеціального програмного забезпечення та моделювання в хімії.

ФК 5. Здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних.

ФК 6. Здатність оцінювати ризики.

комунікацій у професійній сфері.

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Органічна хімія**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

- |          |                   |
|----------|-------------------|
| 1. ОК 11 | Неорганічна хімія |
| 2. ОК 13 | Аналітична хімія  |
| 4. ОК 9  | Основи екології   |

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-професійної програми, вивчення навчальної дисципліни «**Органічна хімія**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.	ПРН-1
Описувати хімічні дані у символічному вигляді.	ПРН-3
Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.	ПРН-4
Описувати властивості аліфатичних, ароматичних, гетероциклічних та органометалічних сполук, пояснювати природу та поведінку функціональних груп в органічних молекулах	ПРН-11
Знати основні шляхи синтезу в органічній хімії, включаючи функціональні групові взаємоперетворення та формування зв'язку карбон-карбон, карбон-гетероатом	ПРН 12

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Органічна хімія**»:

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Мати глибоке розуміння основних хімічних понять та законів, могли використовувати здобуті знання для проведення планування синтезів. Могли написати хімічне перетворення згідно валентностей та ступеней окиснення основних гетероатомів.	ПРН-1
Знати як систематизувати експериментальні результати та обрати значущі величини.	ПРН-3
Знаючи хімічні закономірності могли визначати основні типи перетворень в ароматичних сполук. Могли аналізувати отримані довідникові фізичні, хімічні та фізико-хімічні константи. Знати області застосування фізико-хімічних методів для встановлення структури органічних сполук. Могли спланувати, провести розрахунок синтезу та провести експеримент з отримання сполук органічної природи.	ПРН-4
Знати та могли застосувати теоретичні знання для опису властивостей аліфатичних, ароматичних, гетероциклічних та органометалічних сполук. Знати як обґрунтувати точку зору стосовно пояснення природи та поведінки	ПРН-11

функціональних груп в органічних молекулах	
Могти використовувати практичні навички для виконання синтетичної частини дослідження.	ПРН 12

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

Поточне оцінювання рівня засвоєння теми здійснюється на кожному лабораторно-практичному занятті. Рейтингова оцінка формується на основі поточних оцінок та результатів виконання модульної контрольної роботи. Підсумкова оцінка за дисципліну може дорівнювати рейтинговій або ж встановлюватись за підсумками складання заліку. Наявність у студента 4 і більше годин невідпрацьованих практичних занять є невиконанням індивідуального навчального плану.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: колоквіуми (усні або письмові), лабораторні заняття

Форма модульного контролю: модульні контрольні роботи (усні або письмові)

Форма підсумкового семестрового контролю: залік, екзамен

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модулі 1, 2)

#### 4 Семестр

Поточне оцінювання та самостійна робота						Сума
T1-T2	T3-T5	M 1	T6-T8	T9-T10	M 2	100
10	15	20	15	15	25	

T1 - Загальні положення. Джерела органічної сировини

T2 - Основні поняття органічної хімії

T3- Електронні уявлення в органічній хімії

T4 - Будова і реакційна здатність органічних сполук

T5 - Фізико-хімічні методи дослідження в органічній хімії. Найважливіші джерела інформації про органічні сполуки та органічні реакції

T6 - Алкани

T7 - Циклоалкани, алкени

T8 – Алкадієни

T9 - Алкіни

T10 - Ароматичні вуглеводні (арени)

#### 5 Семестр

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модулі 3,4 )

Поточне оцінювання та самостійна робота					Сума
T11-T12	T13-T17	M 3	T18-T20	M 4	100
25	20	20	20	15	

T11 - Галогенопохідні аліфатичних і аліциклічних вуглеводнів  
 T12 - Ароматичні галогенопохідні  
 T13 - Гідрокси похідні вуглеводнів. Одноатомні насичені спирти  
 T14 - Ненасичені та ароматичні спирти  
 T15 - Феноли і нафтоли  
 T16 - Багатоатомні феноли  
 T17 – Етери  
 T18 - Карбонільні сполуки  
 T19 - Дикарбонільні сполуки  $\alpha,\beta$ -Ненасичені альдегіди і кетони  
 T20 - Хінони

### 6 Семестр

#### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модулі 5,6)

Поточне оцінювання та самостійна робота										Сума
T21	T22	T23-T24	T25	M 5	T26-T27	T28	T29	T30-T32	M 6	<b>100</b>
10	5	10	5	15	10	10	10	10	15	

T 21 - Карбонові кислоти. Дикарбонові кислоти. Ненасичені монокарбонові кислоти. Ненасичені дикарбонові кислоти  
 T22 – Нітросполуки  
 T23 – Аміни.  
 T24 - Діазо- і азосполуки  
 T25 - Елементорганічні сполуки. Магній- і літійорганічні сполуки. Органічні сполуки алюмінію.  
 T26 - Гідроксикислоти  
 T27 - Альдегідо- і кетокислоти  
 T28 - Вуглеводи  
 T29 - Амінокислоти. Білки  
 T30 - П'ятичленні гетероцикли з одним гетеро атомом  
 T31 - П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки  
 T32 - Шестичленні гетероцикли з одним та з двома гетероатомами

#### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни (модуль 1-3)

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторно-практичні заняття (виконання та захист)	5	80	5	75	7	80
Модульна контрольна робота	1	20	1	25	1	20
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни (модуль 4-6)

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 4		Модуль 5		Модуль 6	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторно-практичні заняття (виконання та захист)	3	85	5	85	7	85
Модульна контрольна робота	1	15	1	15	1	15
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

### 5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни «Органічна хімія» здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал навчальної дисципліни «Органічна хімія».

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовки студентів.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння лекційного матеріалу, набуття практичних навичок при розв'язуванні завдань, уміння самостійно опрацювати теоретичний матеріал, висловлювати та обґрунтовувати власні думки, проводити презентацію опрацьованого матеріалу, самостійно виконувати синтез гетероциклічних сполук. Завданням підсумкового контролю (заліку) є перевірка розуміння студентами програмного матеріалу в цілому, здатності логічно та послідовно розв'язувати практичні задачі, творчо використовувати накопичені знання, представляти та описувати одержані результати.

Результати поточного оцінювання роботи студентів вносяться у журнал обліку роботи викладача.

Об'єктами поточного контролю знань студентів є:

- активність та результативність роботи на лабораторно-практичних заняттях;
- виконання завдань для самостійного опрацювання;
- виконання індивідуальної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи.

Виконання модульної контрольної роботи передбачає надання відповідей на завдання по синтезу чи хімічним властивостям певного класу гетероциклічних сполук.

До модульної контрольної роботи допускаються студенти, які відвідали не менше 50% аудиторних занять і отримали не менше 35% від можливої кількості балів за поточну роботу.

Ті студенти, які за результатами поточного контролю отримали 35% і більше від максимально можливої кількості балів, допускаються до заліку.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Критерії оцінювання

Оцінка *відмінно* (**A**) виставляється, коли студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (**B**) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (**C**) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка *задовільно* (**D**) виставляється, коли студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка *задовільно* (**E**) виставляється, коли студент не повністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у студента.

Оцінка *незадовільно* (**FX**) виставляється студенту, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка *незадовільно* (**F**) виставляється студенту, який не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Частина 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ. ДЖЕРЕЛА ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ

#### ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №1. ВСТУП. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.

##### Лекція №1 Загальні положення. Джерела органічної сировини.

Предмет органічної хімії. Унікальні властивості Карбону, що є причиною розгляду його сполук в окремій галузі хімії. Різноманітність класів і безмежне число органічних сполук.

Методи вилучення, очистки та ідентифікації органічних сполук. Принципи кількісного елементного аналізу, визначення молекулярної формули сполуки.

Органічні речовини і життя. Значення органічних речовин у практичній діяльності людини.

##### Лекція №2 Основні поняття органічної хімії.

Гомологічні ряди. Формування і основні положення теорії будови органічних сполук. Валентність і координаційне число. Основні типи структурних фрагментів органічних молекул: прості і кратні зв'язки, карбонові ланцюги і цикли, радикали і функціональні групи. Ряди і класи органічних сполук.

Типи хімічних формул: емпіричні, структурні, скорочені, брутто-формули, формули просторової будови. Структурні формули як засіб відображення будови органічних сполук. Структурна ізомерія та її різновиди. Просторова ізомерія. Молекулярні моделі. Комп'ютерні програми для візуалізації хімічних структур (PCmodel, WNDO, Alchemy).

Номенклатура в органічній хімії як засіб позначення хімічних сполук і реакцій. Номенклатура: тривіальна, замісничова, радикально-функціональна, систематична (номенклатура IUPAC). Значення теорії будови для розвитку органічного синтезу.

##### Лекція №3 Електронні уявлення в органічній хімії.

Прояв характеристичності та адитивності властивостей атомів і зв'язків. Атомні орбіталі. Гібридні атомні і молекулярні орбіталі. Взаємний вплив атомів у молекулі. Кон'югація (спряження) як взаємодія зв'язків і атомів. Основні поняття електронної і просторової будови молекул. Хімічний зв'язок як прояв єдиної взаємодії атомів у молекулі. Перекривання орбіталей. Довжина та направленість зв'язку. Наближені математичні методи оцінки електронної будови молекул; метод молекулярних орбіталей (МО ЛКАО), метод валентних зв'язків (ВЗ), теорія резонансу, тощо. Молекулярні орбіталі, способи їх зображення:  $\sigma$ - і  $\pi$ - зв'язки; локалізовані і делокалізовані МО.

Дві групи характеристик електронної будови: енергетичні й пов'язані з розподілом електронної густини. Енергетичні характеристики: енергія зв'язку, потенціал іонізації, спорідненість до електрону, енергія граничних МО, повна енергія утворення молекули, потенціальна поверхня молекули. Характеристики, пов'язані з розподілом електронної густини: полярність зв'язку, ефективний заряд на атомі, дипольний момент окремих зв'язків і молекули в цілому, спінова густина. Індуктивний і мезомерний ефекти, способи їх позначення. Теорія резонансу як важливий етап у формулюванні теоретичних уявлень в органічній хімії. Енергія резонансу.

##### Лекція №4 Будова і реакційна здатність органічних сполук.

Хімічна рівновага. Проміжні частинки, перехідний стан (активований комплекс) і механізм реакції. Класифікація реакцій за їх наслідком (заміщення, приєднання, елімінування, перегрупування), за типом розриву зв'язку (гомолітичні і гетеролітичні реакції), за природою реагентів (електрофільні, нуклеофільні, радикальні), за числом молекул на стадії, що визначає швидкість реакції. Кінетичний та термодинамічний контроль. Орбітальний і зарядний контроль. Електрофільні, нуклеофільні, радикальні реагенти. Гомогенний, гетерогенний і міжфазний

каталіз. Статичний і динамічний підходи у вивченні електронної будови і реакційної здатності молекул. Статичний підхід: індекси реакційної здатності, ефективний заряд, вільна валентність, енергія граничних МО, молекулярні діаграми. Динамічний підхід: урахування реагентів (реагенту, субстрату, середовища) та їх взаємного впливу; енергетичний профіль реакції; енергетичний бар'єр реакції, енергія активації, енергія перехідного стану, тепловий ефект реакції.

### **Лекція №5 Фізико-хімічні методи дослідження в органічній хімії. Найважливіші джерела інформації про органічні сполуки та органічні реакції.**

Коливальна спектроскопія: природа ІЧ спектрів, групові характеристичні частоти. Електронна спектроскопія: природа спектрів, типи переходів, поняття про хромофори та аукохроми. Спектри протонного магнітного резонансу: їхня природа, основні характеристики (хімічне зміщення, інтенсивність, мультиплетність сигналів), зв'язок із будовою молекул. Мас-спектрометрія: основні принципи, види органічних іонів, молекулярний іон, ізотопний склад спектрів. Поняття про метод дипольних моментів. Хроматографія як метод аналізу та очистки органічних сполук.

Довідник Бельштейна, довідники з фізичних і хімічних властивостей органічних сполук. Показчики синтезів і збірники препаративних методик. Оглядова література з органічних реакцій і спектральних характеристик органічних сполук. Наукові журнали з хімії. Реферативні журнали: Chemical Abstracts (США), Chemisches Zentralblatt (Німеччина), Український хімічний журнал. Інформаційні служби і банки даних. Використання ЕОМ для збереження і пошуку хімічної інформації.

## **ВУГЛЕВОДНІ.**

### **Лекція №6 Алкани**

Гомологічний ряд, номенклатура та ізомерія алканів, алкільні радикали. Природні джерела. Нафта, газ та їх переробка. Електронна і просторова будова алканів, довжини зв'язків і валентні кути. Поворотна ізомерія, конформації та їх відносні енергії, формули Ньюмена. Бар'єр обертання. Фізичні властивості алканів та їх залежність від довжини вуглецевого ланцюга і ступеня його розгалуженості. Теплоти утворення. Енергія атомізації. Спектральні характеристики алканів: спектри УФ, ПМР та  $^{13}\text{C}$ -ЯМР.

Методи синтезу: гідрування ненасичених вуглеводнів, відновлення різних класів органічних сполук, реакція Вюрца, декарбоксілювання і електроліз солей карбонових кислот (анодна реакція Кольбе), гідроліз магній і літійорганічних сполук.

Хімічні властивості алканів. Гомолітичний тип розриву зв'язку. Вільні радикали, якісне трактування їхньої електронної будови; фактори, що визначають відносну стабільність вільних радикалів. Первинний, вторинний, третинний радикали. Загальні уявлення про механізм ланцюгових вільнорадикальних реакцій заміщення в алканах: галогенування, сульфохлорування, нітрування. Окиснення, дегідрування, крекінг, піроліз алканів. [Гетеролітичний тип розриву зв'язків в алканах. Карбокатиони, електронна будова і фактори, що визначають відносну стабільність, основні шляхи перетворення карбокатионів. Реакції алканів у надкислих системах]. Сполуки включення (клатрати). Біологічно активні алкани. Поняття про феромони комах. Основні шляхи використання алканів: моторне паливо, пальне, розчинники в органічному синтезі.

### **Лекція №7 Циклоалкани.**

Класифікація і номенклатура, структурна ізомерія. Методи синтезу насичених циклів; з дигалогеналканів за реакцією Вюрца, взаємодія діазометану з алкенами, синтези на основі малонового естеру та похідних дикарбонових кислот, дієновий синтез. Гідрування ароматичних вуглеводнів. Розширення і звуження циклів (Дем'янов). Просторова будова циклоалканів. Конформації циклогексану та його похідних; крісло, човен (ванна), твіст-форма; екваторіальні і аксіальні зв'язки, геометрична ізомерія похідних циклогексану. Особливості просторової та електронної будови циклопропанового кільця. [Поняття про просторову будову інших

циклоалканів.] Відносна стійкість циклів за даними теплот згоряння і взаємоперетворень циклів різних розмірів, її аналіз на підставі уявлень про різні типи напруг. Хімічні властивості циклобутану, циклопентану і циклогексану. Особливі властивості циклопропану.

### **Лекція №7 (продовження). Алкени.**

Номенклатура, Z,E- (цис, транс-)ізомерія. Електронна будова і геометрична ізомерія алкенів. Фізичні властивості і спектральні характеристики алкенів: спектри ПМР і  $^{13}\text{C}$ -ЯМР, розпізнавання геометричних ізомерів за спектрами.

Способи утворення подвійного зв'язку: дегідрування алканів, часткове гідрування алкінів, дегідрогалогенування і правило Зайцева, дегалогенування, дегідратація спиртів, термічний розклад четвертинних амонієвих основ (реакція Гофмана) і оксидів амінів (реакція Коупа), перетворення карбонільної групи на групу  $\text{C}=\text{C}$  (реакція Віттіга).

Поняття про механізми хімічних перетворень алкенів. Приєднання в присутності каталізаторів (Сабатьє, Сандеран), гомогенне гідрування. Приєднання електрофільних реагентів до зв'язку  $\text{C}=\text{C}$ : кислот, галоге-новоднів. Води. Галогенів. Правило Марковникова та його інтерпретація. Обернення орієнтації приєднання бромоводню (за Карашем) як наслідок зміни механізму реакції (пероксидний ефект). Приєднання галогенів: утворення галонієвих іонів. Стереохімія електрофільного приєднання. Радикальні реакції алкенів. [Координація алкенів з перехідними металами. Уявлення про природу зв'язку алкен – метал. Основні стадії реакції каталітичного гідрування. Прояв відносної стабільності структурних і геометричних ізомерів алкенів. Оксосинтез. Приєднання карбенів]. Гідроборування (реакція Брауна) і його використання для одержання продуктів гідрування і гідратації зв'язку  $\text{C}=\text{C}$ . Окисні перетворення алкенів: епоксидування (реакції Прилежаєва і Шарплесса), цис- і транс-гідроксилування (реакція Вагнера), розщеплення зв'язку  $\text{C}=\text{C}$ , озоноліз. Полімеризація: катіонна, вільнорадикальна і координаційна. Теломеризація. Реакції алкенів за алільним положенням: галогенування, окиснення, окисний амоніліз. Алільна  $\pi$ -електронна система,  $\pi,\pi$ -кон'югація, якісний опис у термінах теорії МО характеру розподілу електронної густини в алільному катіоні, радикалі та аніоні.

### **Лекція №8 Алкадієни.**

Номенклатура, класифікація та ізомерія. Електронна будова: кон'югація кратних зв'язків ( $\pi,\pi$ -кон'югація), уявлення про де-локалізовані  $\pi$ -МО кон'югованих дієнів. Найважливіші 1,3-дієни і способи їх одержання за реакціями дегідрування, дегідрохлорування, дегідратації.

Хімічні властивості 1,3-дієнів: каталітичне гідрування, електрофільне приєднання галогенів і галогеноводнів; орієнтація в цих реакціях за умов кінетичного і термодинамічного контролю. Дієновий синтез. [Поняття про правила Вудворда – Хоффмана; уявлення про дозволені і заборонені за симетрією реакції циклоприєднання з позицій розгляду граничних МО реагентів) Полімеризація та циклоолігомеризація 1,3-дієнів. Різновиди лінійної полімеризації та її технічне значення. Природний і синтетичний каучук. Гутаперча. Синтез 1,3-бутадієну з етилового спирту (Лебедев), ізопрену з ацетону і ацетилену (Фаворський). Вулканізація каучуку. Поняття про ізопреноїди.

Полієни. Каротиноїди. Поліацетилен. Кумулени: електронна і просторова будова. Стереохімія кумуленів.

### **Лекція №9 Алкіни.**

Номенклатура та ізомерія алкінів. Опис: потрійного зв'язку, виходячи з уявлень про  $sp$ -гібридизацію. Фізичні властивості і основні спектральні характеристики алкінів. Способи утворення потрійного зв'язку. Карбідний і піролітичний методи одержання ацетилену.

Хімічні властивості алкінів: каталітичне гідрування, відновлення натрієм у рідкому амоніаку, реакція Кучерова, приєднання спиртів, карбонових кислот, галогеноводнів, ціановоднів реакції Фаворського і Реппе на основі ацетилену. Оксосинтез з використанням алкінів. Нуклеофільне приєднання до потрійного зв'язку. Перетворення ацетилену на вінілацетилен, промислове значення цієї реакції. Циклоолігомеризація алкінів; алкіни, як

дієнофіли.[Окисні перетворення алкінів. Кислотні властивості термінальних ацетиленів, ацетиленіди металів, реактиви Йоцича. Застосування алкінів і ацетиленідів металів в органічному синтезі. Карбін].

### **Лекція №10 Ароматичні вуглеводні (арени).**

Бензен і його гомологи; толуен, ксиленоли, кумол; номенклатура, ізомерія. Сучасна символіка бензену та його похідних. Формули Кекуле, Амстронга, Ладенбурга, Дьюара. Фізичні властивості і основні спектральні характеристики бензену і його гомологів. Спектри ПМР та  $^{13}\text{C}$ -ЯМР, ефект кільцевих  $\pi$ -електронних струмів. Дипольні моменти. Джерела ароматичних вуглеводнів; кам'яно-вугільна смола, продукти переробки нафти.

Електронна будова бензенового кільця і хімічні властивості бензену; відносна стійкість до окиснення, схильність до реакцій заміщення, термохімія гідрування і згоряння бензену, його утворення в реакції диспропорціонування циклогексену і циклогексадієну («незворотний каталіз» Зелінського), ізомеризація дьюарівського бензену. [Поняття про ароматичність, правило Хюккеля. Небензоїдні ароматичні системи; циклопропенілій- і тропілій катіони, циклопентадієнілій-аніон, азулен, анулени]. Гідрування бензену, відновлення натрієм у рідкому амоніаку до дигідробензолу (Берч). Реакції ароматичного електрофільного заміщення: сульфування, нітрування, галогенування, алкілювання, ацилювання. Значення цих реакцій для переробки ароматичних вуглеводнів, уявлення про їх механізм та його експериментальне обґрунтування. Синтетичне використання електрофільного ароматичного заміщення. Вплив замісників у бензеновому кільці на ізомерний склад продуктів і швидкість реакції. Правила орієнтації та їх теоретичне обґрунтування. [Реакції радикального заміщення і приєднання. П-комплексоутворення аренів з перехідними металами].

Алкілбензени. Способи одержання з використанням реакцій алкілювання і ацилювання бензену, реакція Вюрца – Фітґіга. Хімічні властивості. Реакції електрофільного заміщення в бензеновому кільці і особливості орієнтації у цих реакціях. Протонування поліалкілбензенів, утворення стабільних аренонієвих іонів. Дезалкілювання, диспропорціонування. Ізомеризація алкілбензолів. Реакції радикального заміщення в бічному ланцюзі, бензильна  $\pi$ -електронна система. Окиснення бічного ланцюга. Стирен, фенілацетилен.

Дифеніл, способи його одержання, будова. Уявлення про вплив замісників на легкість взаємного обертання і ступінь компланарності бензенових кілець. Залежність кон'югації  $\pi$ -електронних систем від ступеня компланарності бензенових ядер та її прояв в електронних спектрах похідних дифенілу. Ароматичність дифенілу, реакції електрофільного заміщення, орієнтація в цих реакціях і вплив на неї замісників. Атропоізомерія ряду дифенілу].

Нафтален. Джерела нафталену та інших багатоядерних вуглеводнів. Номенклатура та ізомерія похідних нафталену, його електронна будова і ароматичність. Хімічні властивості нафталену; каталітичне гідрування і відновлення натрієм у рідкому амоніаку, окиснення і вплив замісників на напрямок цієї реакції. Реакції електрофільного заміщення; фактори, що впливають на орієнтацію в цих реакціях. Тетралін, декалін.

Антрацен. Номенклатура та ізомерія похідних. Електронна будова і ароматичність. Синтез антрацену з сполук бензенового ряду. Реакції гідрування, окиснення, електрофільного приєднання і заміщення. Фотоокиснення і фотодимеризація. Антрацен у дієновому синтезі. Триптицен.

## **ГОМОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ ГАЛОГЕНОПОХІДНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ**

### **Лекція №11 Галогенопохідні аліфатичних і аліциклічних вуглеводнів**

Фізичні властивості. Моногалогенопохідні аліфатичних вуглеводнів, їх номенклатура та ізомерія. Будова молекул. Способи утворення зв'язку C–Hal: заміщення атома водню, реакції приєднання до кратного зв'язку, заміщення гідроксигрупи. Відмітні особливості синтезу і властивостей фторалканів. Полярність зв'язку C–Hal та її залежність від природи атома галогену. Хімічні властивості моногалогеналканів: нуклеофільне заміщення атомів галогенів і дегідрогалогенування. Уявлення про механізми  $\text{S}_{\text{N}}1, \text{E}1, \text{S}_{\text{N}}2, \text{E}2$  як про «ідеалізовані» механізми

реакцій нуклеофільного заміщення і елімінування; обґрунтування внесків кожного з них за даними кінетики і стереохімії. Залежність співвідношення продуктів реакції від природи і концентрації нуклеофілу і основи, будови алкілгалогеніду, природи розчинника; урахування цих залежностей у плануванні синтезу з використанням хімічних властивостей галогеналканів; нуклеофільність і сольові ефекти. Групи, що відходять. Амбідентні іони. Комплексоутворення галогеналканів з іонами металів і з кислотами Льюїса на прикладі реакції Фриделя-Крафтса як спосіб збільшення їхньої електрофільної активності. Відновлення галогеналканів воднем, їх взаємодія з металами: утворення металоорганічних сполук, реакція Вюрца.

Сполуки з підвищеною рухливістю атома галогену. Аліл- і бензилга-логеніди, способи їх одержання і особливості хімічних властивостей, Хлорометилювання ароматичних сполук (реакція Блана). Ди- і трифенілхлорометан. Стабільні вільні радикали і карбокатиони. Бензальхлорид і бензотрихлорид: одержання з толуолу, гідроліз.

Сполуки зі зниженою рухливістю атома галогену. Хлоровініл і хлоропрен. Способи їх одержання, хімічні властивості і застосування. Поліхлоровані і поліфторовані похідні етилену, полімери на їх основі. Тефлон.

### **Лекція №12 Ароматичні галогенопохідні.**

Способи одержання. Галогенування ароматичних вуглеводнів, синтез зі солей діазонію. Реакції, що стосуються зв'язку C-Nal. Особливості перебігу реакцій нуклеофільного заміщення в ароматичному ядрі, уявлення про їхній механізм, каталіз, вплив замісників.

Реакції електрофільного заміщення в ряду ароматичних галогенопохідних. Поняття про індукційний і мезомерний ефекти замісників в ароматичному ряду. Ефекти атомів галогенів як замісників.

### **Лекція №13 Гідроксипохідні вуглеводнів. Одноатомні насичені спирти**

Номенклатура, ізомерія, класифікація. Способи утворення спиртової гідроксигрупи: приєднання води до зв'язку C=C, гідроліз зв'язку C-Nal, відновлення карбонільної і естерової груп, синтези з використанням металоорганічних сполук. Промислові способи одержання найпростіших аліфатичних спиртів, циклогексанолу. Електронна природа і полярність зв'язків CO та OH, водневий зв'язок та його прояв у спектральних характеристиках і фізичних властивостях спиртів.

Хімічні властивості спиртів: кислотно-основні властивості, заміщення гідроксигрупи при дії сірчаної кислоти, галогеноводнів і галогенангідридів мінеральних кислот, дегідратація; розгляд цих реакцій з позицій загальних уявлень про механізм нуклеофільного заміщення і відщеплення в аліфатичному ряду.

Синтез, властивості, синтетичне використання алкілових естерів мінеральних кислот. Диметилсульфат як метилювальний реагент. Приєднання спиртів до олефінів, ацетиленових сполук, утворення етерів, взаємодія з карбонільними сполуками, карбоновими кислотами та їх похідними. Окиснення і дегідрування спиртів; реакція Опенауера. Основні шляхи застосування спиртів.

Багатоатомні спирти. Гліколі, способи їх одержання, хімічні властивості: окиснення тетраацетатом свинцю та йодною кислотою (реакція Малапрада). Взаємодія з борною кислотою, перетворення на  $\alpha$ -оксиди, дегідратація, пінаколінове перегрупування. Етиленгліколь, його властивості. Ді- та поліетиленгліколі. Гліцерол: методи синтезу, засновані на використанні пропілену; утворення етерів та естерів, комплексів з іонами металів, дегідратація. Застосування гліцеролу та його похідних. Пентаеритрит. Ксиліт, сорбіт. Азотні естери багатоатомних спиртів.

### **Лекція №14 Ненасичені та ароматичні спирти.**

Правило Ельтекова-Ерленмейера. Аліловий спирт. Методи синтезу, хімічні властивості та їхні особливості, зумовлені алільним положенням гідроксигрупи. Пропаргіловий спирт. Бензиловий спирт, ди- та трифенілкарбіноли, методи синтезу і хімічні властивості. Вініловий спирт та його похідні. Вінілацетат і полімери на його основі.

Гідроксипохідні ароматичних вуглеводнів. Номенклатура.

### **Лекція №15. Феноли і нафтоли.**

Способи введення гідроксигрупи в ароматичне ядро: лужне топлення солей сульфокислот, гідроліз галогенопохідних, заміна аміногрупи на гідроксигрупу через солі діазонію, кумольний спосіб одержання фенолу (Сергеев, Удрис).

Хімічні властивості. Причини підвищеної кислотності фенолів порівняно з аліфатичними спиртами, вплив замісників. Утворення фенолятів етерів і естерів фенолів. Заміщення гідроксигрупи на аміногрупу в 2-нафтолі (реакція Бухерера). Реакції електрофільного заміщення фенолів: галогенування, сульфування, нітрування, алкілювання, Перегрупування Фріса естерів фенолів як спосіб ацилювання у кільце. Конденсація фенолів з формальдегідом, фенолоформальдегідні смоли. Реакції електрофільного заміщення, характерні для фенолів і фенолятів як ароматичних сполук з підвищеною реакційною здатністю: карбоксилювання, нітрузування, азосполучення, введення ацильної групи (реакції Гаттермана, Геша, Раймера-Тімена, Вільсмайєра-Гаака). Гідрування і окиснення фенолів. Стабільні феноксильні радикали. Фенольні стабілізатори полімерних матеріалів. Основні шляхи застосування заміщених фенолів.

### **Лекція №16. Багатоатомні феноли.**

Пірокатехін і гідрохінон: способи одержання, відновні властивості, утворення моно- і діетерів, циклічні етери пірокатехіну. Гідрохінон та інші феноли як проявники фотографічних матеріалів. Уявлення про природні сполуки похідні пірокатехіну. Резорцин: одержання, реакції, характерні для фенолів, відновлення до дигідрорезорцину.

### **Лекція №17. Етери.**

Номенклатура, класифікація. Діалкілові етери: способи одержання (реакція Вільямсона), взаємодія з протонними кислотами, кислотами Льюїса, розщеплення, окиснення. Утворення гідропероксидів, їх виявлення і видалення. Циклічні етери. Тетрагідрофуран. 1,4-Діоксан. Краун-етери. Комплексоутворення з іонами металів. Застосування в міжфазному каталізі.

Оксирани ( $\alpha$ -оксиди, епоксиди): одержання, ізомеризація, взаємодія з галогеноводнями, водою, спиртами, етиленгліколем, амоніаком і амінами, магнійорганічними сполуками. Етиленоксид, епіхлоргідрин.

Вінілові етери. Одержання з ацетилену і етилену. Гідроліз і причини більшої легкості його перебігу порівняно з діалкіловими етерами; полімеризація. Алкілові етери фенолів: одержання, розщеплення під дією кислот та його механізм, перегрупування. Алкоксигрупа як замісник у реакціях ароматичного електрофільного заміщення. Дифеніловий етер: одержання і застосування.

### **Лекція №18 Карбонільні сполуки.**

Будова карбонільної групи. Номенклатура, класифікація карбонільних сполук. Спектральні характеристики. Способи утворення карбонільної групи: окиснення алканів і алкілароматичних вуглеводнів, озоноліз і каталітичне окиснення олефінів, оксосинтез, гідратація алкінів (реакція Кучерова), гідроліз гемінальних дигалогенопохідних і вінілових етерів, окиснення і дегідрування спиртів, окисне розщеплення гліколів, дія уротропіну на алкілгалогеніди (реакція Соммле). Синтез альдегідів і кетонів з карбонових кислот та їхніх похідних: відновлення хлорангідридів (реакція Розенмунда-Зайцева), відновлення нітрilів, реакції карбонових кислот та їхніх похідних з металоорганічними сполуками, піроліз солей карбонових кислот і його каталітичні варіанти. Синтез макроциклічних кетонів (Ружичка). Мускон, цибетон. Одержання ароматичних карбонільних сполук ацилюванням ароматичних вуглеводнів (реакція Фриделя-Крафтса).

Електронна будова групи  $C=O$ , розподіл електронної густини та його зв'язок з реакційною здатністю карбонільної групи. Основні спектральні характеристики і фізичні властивості.

Хімічні властивості. Порівняння реакційної здатності й шляхів перетворень альдегідів і кетонів. Реакції з гетероатомними нуклеофілами: гідратація, взаємодія зі спиртами (напівацеталі, ацеталі й кеталі), пентахлоридом фосфору, бісульфітом натрію. Взаємодія з азотовмісними нуклеофілами: утворення оксимів, гідразонів, азинів, заміщених гідразонів і семікарбазонів, взаємодія з вторинними амінами і утворення енамінів, взаємодія з первинними амінами і утворення основ Шиффа, взаємодія з амоніаком (уротропін), реакція Манніха. Взаємодія з С-нуклеофілами: утворення ціангідринів, приєднання магнійорганічних сполук. Кето-енольна таутомерія і пов'язані з нею властивості карбонільних сполук: галогенування і галоформне розщеплення, нітרוзування, алкілювання. Альдольно-кетонова конденсація та її механізм при кислотному і основному каталізі. Конденсація альдегідів і кетонів зі сполуками інших типів, що містять активну метиленову групу (реакція Кневенагеля). Циклоолігомеризація і полімеризація альдегідів (триоксан, паральдегід, параформ).

Окисно-відновні реакції альдегідів і кетонів. Окиснення альдегідів до карбонових кислот, окиснення кетонів без розриву і з розривом вуглець-вуглецевих зв'язків (правило Попова). Каталітичне гідрування карбонільних сполук, відновлення комплексними гідридами металів, спиртами в присутності алкоголятів алюмінію (рівновага Меєрвейна-Понндорфа-Верлея, реакція Тищенка), амальгамованим цинком і соляною кислотою (реакція Клемменсена), відновлення кетонів металами з утворенням металкетилів і пінаконів. Взаємодія альдегідів, що не енолізуються, з лугами (реакція Канніцаро), бензоїнова конденсація. Реакції електрофільного заміщення в ароматичних альдегідах і кетонах. Ацетофенон, бензофенон. Азотовмісні похідні карбонільних сполук. Загальні уявлення про схожість електронної будови і хімічних властивостей карбонільної і азометинової групи. Відновлення оксимів, гідразонів, шиффових основ, відновне амінування карбонільних сполук. Оксими: геометрична ізомерія, перетворення, що каталізуються кислотами, перегрупування (Бекмана) оксиму циклогексанону і його промислове значення. Розклад гідразонів, що каталізується основою, як спосіб відновлення карбонільних сполук (реакція Кіжнера-Вольфа) Кислотний гідроліз бісульфітних похідних, оксимів, гідразонів, ацеталів і кеталів як метод вилучення і очищення карбонільних сполук.

### **Лекція №19 Дикарбонільні сполуки $\alpha,\beta$ -Ненасичені альдегіди і кетони.**

Номенклатура і класифікація. Способи одержання, що ґрунтуються на реакціях окиснення, нітרוзування і конденсації. А-Дикарбонільні сполуки. Гліюксаль, метилгліюксаль: утворення стійких гідратів; перетворення на гідроксикислоти, що каталізуються основами. Реактив Чугаєва і комплекси металів на його основі. Бензил, бензильне перегрупування. В-Дикарбонільні сполуки, кето-енольна таутомерія, алкілювання, утворення хелатних комплексів з іонами металів на прикладі ацетилацетону. [Глутаконовий альдегід. Г-Дикарбонільні сполуки, застосування у синтезі гетероциклічних сполук].

Загальні методи синтезу: окиснення олефінів за алільним положенням і спиртів алільного типу, кетонова конденсація карбонільних сполук. Синтез акролеїну дегідратацією гліцеролу. Електронна будова,  $\beta$ -ненасичених карбонільних сполук та її зв'язок з їх реакційною здатністю. Хімічні властивості. Схожість і відмінність хімічних властивостей  $\alpha,\beta$ -ненасичених альдегідів і кетонів у реакціях каталітичного гідрування, відновлення комплексними гідридами металів, спиртами, відновлення металами в присутності джерел протонів. Селективне окиснення альдегідної групи. Реакції приєднання води, спиртів, галогеноводнів, бісульфіту натрію, амоніаку і амінів, ціановодню, магнійорганічних сполук. Реакції конденсації з С-Н активними сполуками (реакція Мігеля). Ефект вінілові і С-Н активність  $\alpha,\beta$ -ненасичених карбонільних сполук. Балкони. Кетони: методи синтезу, реакції приєднання до кетенів як різновид реакцій ацилювання. Димеризація кетенів.

### **Лекція №20 Хінони.**

Одержання о- і п-бензо- і нафтохінонів. Властивості хінонів: одержання моно- і діоксимів, приєднання хлороводню, аніліну, оцтового ангідриду, реакція з діенами. Зіставлення властивостей хінонів і  $\alpha,\beta$ -ненасичених кетонів. Хінгідрон. Поняття про комплекси з переносом

заряду (КПЗ). Семіхінони. Поняття про іонрадикали. Антрахінон: одержання, властивості і застосування.

### **Гомофункціональні сполуки. Гетероциклічні сполуки**

**Конкретні цілі:** Розглянути будову, ізомерію, номенклатуру, методи синтезу, хімічні властивості, застосування гетерофункціональних сполук та гетероциклічних сполук.

#### **Зміст модуля:**

Карбонові кислоти та їх похідні, дикарбонові кислоти, ненасичені карбонові кислоти, нітросполуки, аміни, діазо- та азосполуки, елементорганічні сполуки, магній- і літійорганічні сполуки, органічні сполуки алюмінію.

Гідроксикислоти. Альдегідо- і кетокислоти. Вуглеводи. Амінокислоти. Білки. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом. П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки. Шестичленні гетероцикли з одним та двома гетероатомами.

### **Змістовий модуль 1.**

Гомофункціональні сполуки (Карбонові кислоти та їх похідні. Нітрогеновмісні сполуки. Елементорганічні сполуки).

#### **Лекція №21 Карбонові кислоти**

##### **1). Карбонові кислоти та їхні похідні.**

##### **2). Дикарбонові кислоти.**

##### **3). Ненасичені монокарбонові кислоти.**

##### **4). Ненасичені дикарбонові кислоти.**

1). Класифікація і номенклатура. Методи одержання: окиснення вуглеводнів, спиртів і альдегідів, синтези з використанням магній і літійорганічних сполук. Оксиду вуглецю(IV), малонового і ацетооцтового естерів, гідроліз нітрילів і естерів. Синтез оцтової кислоти карбонілюванням метанолу на родієвому катализаторі. Природні джерела карбонових кислот. Електронна будова карбоксигрупи і карбоксилат-аніону. Фізичні властивості карбонових кислот і їх похідних. Водневі зв'язки і утворення димерних асоціатів. Хімічні властивості. Кислотність, її зв'язок з електронною будовою карбонових кислот та їх аніонів, залежність від характеру і положення замісників в алкільному ланцюзі або бензолному ядрі. Поняття про кореляційні рівняння. Константи Гаммета як кількісна характеристика замісників.

Похідні карбонових кислот: солі, естери, галогенангідриди, ангідриди, амідни, гідразиди, азиди. Гідроксамові кислоти, ортоестери, амідини, нітрили. Уявлення про механізм взаємоперетворень карбонових кислот та їх похідних, роль кислотного і основного каталізу на прикладі реакцій естерифікації і омилення. Відновлення і галогенування кислот (реакція Гелля-Фольгарда-Зелінського). Вищі карбонові кислоти: маргарина, пальмітинова, стеарина. Реакції заміщення в бензеновому кільці кислот ароматичного ряду. Уявлення про основні шляхи використання карбонових кислот.

Солі карбонових кислот: реакція декарбоксілювання та її каталітичні варіанти, анодне окиснення карбоксилат-аніонів (реакція Кольбе), дія галогенів на срібні солі (реакція Бородина-Хунсдіккера). Практичне застосування солей карбонових кислот. Мила.

Хлорангідриди: реакції з нуклеофілами і використання хлорангідридів як агентів ацилювання, реакція Розенмунда-Зайцева, реакції з магній-органічними сполуками. Бензоїлхлорид: одержання, реакційна здатність при взаємодії з нуклеофілами, використання як реагенту бензоїлювання.

Естери: каталітичне гідрування, відновлення комплексними гідридами металів, реакція Буво-Блана. Реакції переестерифікації й естерової конденсації. Уявлення про основні шляхи застосування естерів.

Ангідриди: реакції з нуклеофілами (ацилювання), реакція Перкіна.

Аміди: кислотно-основні властивості, причина заниженої основності і підвищеної кислотності порівняно з амоніаком і амінами, основні шляхи перетворення на аміни (відновлення, реакція Гофмана і споріднені перетворення гідразидів, азидів і гідроксамових

кислот), реакція з нітритною кислотою (Буво), уявлення про основні шляхи застосування амідів. Взаємоперетворення амідів і нітрилів.

Нітрили: Властивості нітрилів; каталітичне гідрування, відновлення тетрагідроалюмінатом (алюмогідридом) літію, реакції з магнійорганічними сполуками.

Амідини: причини підвищеної основності порівняно з амідами і амінами.

2). Номенклатура і класифікація. Методи синтезу: окиснення циклоалканів, ациклічних спиртів і кетонів, ароматичних і алкілароматичних вуглеводнів, гідроліз моно- і динітрилів, синтези з використанням маленового і ацетооцтового естерів.

Одержання оксалатної (щавлевої) кислоти з формиату натрію. Хімічні властивості. Кислотні властивості та їх залежність від взаємного розташування карбоксильних груп. Утворення похідних по одній і обом карбоксильним групам, змішані похідні. Оксалатна (щавлева кислота); реакції: декарбоксилювання, декарбонілювання, окиснення. Діетилоксалат, реакції естерової конденсації за його участю та їхнє синтетичне застосування.

Маленова кислота: декарбоксилювання і причини підвищеної легкості його перебігу, конденсації з карбонільними сполуками. Властивості маленового естеру та їх синтетичне використання: конденсації з карбонільними сполуками (реакція Кневенагеля) приєднання до кратного зв'язку, активованого електроакцепторними замісниками (реакція Міхаеля), утворення, алкілювання і окисна конденсація натрій маленового естеру, перетворення продуктів цих реакцій на карбонові кислоти (синтези Конрада).

Бурштинова (янтарна) і глутарова кислоти: утворення ангідридів, імідів. Бромсукцинімід, його використання в реакції бромовання.

Адипінова кислота та її похідні, їхні властивості і шляхи практичного використання. Сіль АГ.

Фталева кислота та її похідні: фталевий ангідрид і його застосування у синтезі антрахінону та його похідних, триарилметанових барвників; фталімід у синтезі амінів (реакція Габріеля) і антранілової кислоти; фталеві естери та їхнє практичне застосування. Репеленти, пластифікатори. Терифталева кислота, диметилтерифталат і його застосування.

Похідні вугільної кислоти: фосген, сечовина та її похідні, естери вугільної кислоти, ізоціанати, уретани, семікарбазид, ксантогенати. Гуанідин, причини високої основності. Шляхи практичного застосування похідних вугільної кислоти.

3). Класифікація. Методи одержання  $\alpha,\beta$ -ненасичених карбонових кислот. Електронна будова, взаємний вплив групи  $\text{COOH}$  і зв'язку  $\text{C}=\text{C}$ . Приєднання води, амоніаку, галогеноводнів, причини орієнтації, що спостерігається в цих реакціях. Методи одержання і шляхи використання акрилової, метакрилової кислот і її похідних. Плексиглас. Природні джерела і практичне значення олеїнової, лінолевої, ліноленової, арахідонової кислот. Поняття про простогландини та ейкозаноїди. Ліпіди, жири. Оліфа та інші олії, що висихають.

4). Способи одержання малеїнової кислоти та її ангідриду. Стереїзомерія і взаємоперетворення малеїнової і фумарової кислот, виявлення стереїзомерії у відмінностях між їх хімічними властивостями у просторовій будові продуктів реакції, що відбуваються за зв'язком  $\text{C}=\text{C}$ . Ацетилендикарбонова кислота як дієнофіл у реакції Дільса-Альдера.

## Лекція №22. Нітросполуки.

1). Номенклатура і класифікація. Способи одержання нітросполук: нітрування алканів (реакція Коновалова), обмін атома галогену на нітрогрупу, окиснення амінів, синтез ароматичних нітросполук з амінів через солі діазонію. Електронна будова нітрогрупи та її електроакцепторний характер. Хімічні властивості. Каталітичне гідрування, відновлення в кислому, нейтральному, лужному середовищі. С-Н-кислотність і пов'язані з нею властивості аліфатичних нітросполук: галогенування, нітросування та його використання для ідентифікації нітросполук, що відрізняються будовою алкільного радикалу, конденсація з карбонільними сполуками і приєднання до зв'язку  $\text{C}=\text{C}$ , активованого електроакцепторними замісниками. Таутомерія нітросполук і реакції *аци*-форм: гідроліз, перегрупування на гідроксамові кислоти. Синтез гідроксиламіну з динітроетану (Бамбергер). Нітрооцтовий естер та його застосування у синтезі амінокислот. Властивості ароматичних нітросполук. Реакції електрофільного

заміщення, вплив нітрогруп на швидкість і орієнтацію. Радикальне заміщення нітрогрупи. Полінітроароматичні сполуки: реакції часткового відновлення; нуклеофільне заміщення нітрогрупи, утворення комплексів з переносом заряду (підкрати). Нітропохідні толуену: окиснення і внутрішньомолекулярне диспропорціонування нітротолуолів, С-Н-кислотність фенілнітрометану. Тротил.

Продукти неповного відновлення нітросполук. Нітрозосполуки: таутомерія, димеризація, реакції конденсації. Фенілгідроксиламін, азоксибензол та їх перегруповання. Гідразобензен, бензидинове та семідинове перегруповання (Зінін).

### **Лекція №23. Аміни.**

Класифікація, номенклатура. Способи синтезу, засновані на реакціях: а) нуклеофільного заміщення в галогено-, гідрокси- і аміно-похідних аліфатичних і ароматичних вуглеводнів, б) відновлення нітросполук (реакція Зініна), азотовмісних похідних карбонільних сполук і карбонових кислот, в) перегрупованнях амідів (реакція Гофмана), азидів (перегруповання Курціуса), гідразидів карбонових кислот і гідроксамових кислот (реакція Лоссена). Електронна будова аміногрупи, залежність від природи радикалів, зв'язаних з атомом азоту. Просторова будова амінів. Фізичні властивості, їх зв'язок зі здатністю амінів утворювати водневі зв'язки. Найважливіші спектральні характеристики. Хімічні властивості. Основність і кислотність амінів, залежність від природи вуглеводневих радикалів. Взаємодія з електрофільними реагентами; алкілювання, гідроксиалкілювання, ацилювання і його значення в хімії амінів, взаємодія з нітритною кислотою. Окиснення аліфатичних і ароматичних амінів. Основні представники аліфатичних амінів і шляхи їх використання.

Властивості ароматичних амінів: взаємодія з електрофілами. Реакції алкілювання і сульфування ароматичних амінів, сульфанилова кислота і сульфамідні препарати. Ацилювання ароматичних амінів як захисна реакція для наступного проведення реакцій галогенування і нітрування. Нітрузування діазотування ароматичних амінів. Найважливіші представники ароматичних моно- і діамінів. Основні шляхи їх використання. Синтез гетероциклічних сполук з о-фенілендіаміну і о-амінофенолу.

### **Лекція №24. Діазо- і азосполуки.**

Діазотування ароматичних амінів (реакція Грісса). Електронна будова, катіон діазонію як електрофільний реагент, Взаємоперетворення різних форм діазосполук. Реакції солей діазонію, що відбуваються з вилученням азоту, та їх використання для одержання функціональних похідних ароматичних сполук (реакції Зандмейєра, Несмеянова). Реакції солей діазонію, що відбуваються без вилучення азоту. Азосполучення, діазо- і азоскладові, залежність умов проведення азосполучення від природи азоскладової. Синтез, електронна будова і структурні особливості азобарвників. Метилоранж і конго червоний як представники барвників, що застосовуються як індикатори. Відновлення солей діазонію і азосполук. Використання цих реакцій для синтезу похідних гідразину і амінів. Солі діазонію як реагенти арилювання ароматичних сполук. Діазосполуки жирного ряду: діазометан, діазооцтовий естер. Синтези на їх основі.

### **Лекція №25.**

#### **1). Елементоорганічні сполуки.**

#### **2). Магній- і літійорганічні сполуки.**

#### **3). Органічні сполуки алюмінію.**

1). Органічні сполуки сульфуру, зіставлення їх властивостей з властивостями відповідних кисневих сполук. Тіоспирти, тіоетери, тіокарбонільні сполуки. Сульфокислоти та їх функціональні похідні; хлорангідриди, амідни, естери. Синтетичні мийючі засоби. Сульфони, сульфоксиди і сульфідни. Диметилсульфоксид як розчинник і як окисник. Реактив Корі (димілінатрій). Органічні сполуки силіцію, їх використання як захисних груп і для синтезу полімерів. Силіційорганічні еталони в спектроскопії ЯМР. Типи органічних сполук фосфору, їх взаємні переходи. Реакція Арбузова. Фосфорорганічні інсектициди і отруйні речовини.

2). Способи одержання з галогенопохідних і вуглеводнів, що мають високу С-Н кислотність. Значення розчинника в синтезі реактивів Гріньяра. Природа зв'язку вуглець – метал. Хімічні властивості: взаємодія з протонодонорними сполуками, галогенами, киснем, галогенопохідними вуглеводнів, карбонільними сполуками, похідними карбонових кислот, епоксидами і діоксидом вуглецю. Застосування органічних похідних металів I та II груп, їх використання в органічному синтезі та в синтезі інших елементоорганічних сполук.

3). Органічні сполуки алюмінію, їх одержання і застосування до синтезу і як каталізаторів полімеризації (Циглер). [Металоорганічні сполуки перехідних металів. Фероцен. Мідьорганічні сполуки в органічному синтезі].

### **Лекція №26. Гідроксикислоти.**

Номенклатура і класифікація. Ізомерія. Уявлення про стереохімію гідроксикислот, реакції з оберненням і збереженням конфігурації хірального центра (Вальден). Аліфатичні гідроксикислоти. Загальні методи синтезу, засновані на властивостях ненасичених, галогено-, кето- і аміно карбонових і дикарбонових кислот, багатоатомних спиртів, гідроксиальдегідів і гідроксинітрилів.

### **Лекція №27. Альдегідо- і кетокислоти.**

Номенклатура і класифікація. Ацетооцтовий естер, його С-Н-кислотність і таутомерія, утворення металічних похідних, їх будова, двоїста реакційна здатність і застосування у синтезі кетонів і карбонових кислот. [Конденсація з карбонільними сполуками, приєднання до зв'язку С=C, активованого електроноакцепторними замісниками (реакція Міхаеля); синтетичне використання цих реакцій. Взаємодія з бісульфітом натрію, ціановоднем, гідроксиламіном і похідними гідразину. Реакція бромовання, нітрузовання, азосполучення, ацетилювання, взаємодія з магнійорганічними сполуками і діазометаном].

### **Лекція №28. Вуглеводи.**

Номенклатура і класифікація. Характерні хімічні властивості. Моносахариди. Стереοізомери, конфігураційні ряди, “цукровий куб”. Кільчасто-ланцюгова таутомерія, мутаротація. Реакції, що застосовуються при встановленні структурних і стереохімічних характеристик моносахаридів: окиснення і відновлення, ацилювання, алкілювання, утворення фенілгідразонів і озонів, переходи від нижчих моносахаридів до вищих, і навпаки. Ди- і полісахариди; знаходження вуглеводів у природі і шляхи їх використання.

### **Лекція №29. Амінокислоти. Білки.**

1). Амінокислоти. Номенклатура і класифікація. Ізомерія. Структурні типи природних амінокислот, стереохімія і конфігураційні ряди. Синтези з альдегідів і кетонів через ціангідрини, з малонового, ацетооцтового і нітрооцтового естерів, галогено- і кетокарбонових кислот. Методи синтезу β-амінокислот, засновані на реакціях ненасичених і дикарбонових кислот. Кислотно-основні властивості амінокислот. Ізоелектрична точка. Утворення похідних за карбокси- і аміногрупою, бетаїни. Взаємодія з нітритною кислотою. Перетворення, що відбуваються при нагріванні амінокислот, і залежність їх результатів від взаємного розташування двох функціональних груп. Капролактамі і його технічне значення.

2). Білки. Класифікація. Уявлення про методи доказу поліпептидної будови визначення амінокислотного складу і послідовності амінокислотних фрагментів у поліпептидному ланцюзі. Вторинна структура].

### **Лекція №30. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом.**

П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом (фуран, тіофен, пірол). Загальні методи синтезу і взаємоперетворень (Юр'єв). Залежність ступеня ароматичності від природи гетероатома і його вплив на особливості взаємодії гетероциклу з електрофілами. Порівняльна характеристика фізичних і хімічних властивостей фурану, тіофену, піролу та бензену. Реакції гідратування і окиснення. Фурфурол і тіофен-2-альдегід, пірослизова кислота. Кислотні

властивості піролу та їх використання в синтезі. Аналогія у властивостях піролу і фенолу. Пірол-2-альдегід і його перетворення на порфін. Пірольний цикл як структурний фрагмент хлорофілу і гемоглобіну. Індол та його похідні. Методи побудови індольного ядра, що ґрунтуються на використанні ароматичних амінів і арилгідразонів (реакція Фішера). Хімічні властивості індолу як аналога піролу. Синтез важливіших похідних. Уявлення про природні сполуки індольного ряду, індиго. Поняття про індигоїдні барвники і кубове фарбування.

### **Лекція №31. П'ятичленні гетероцикли з атомами Нітрогену, Оксигену і Сульфуру.**

Піразол, імідазол, триазол, тетразол, оксазол, тіазол. Найважливіші методи синтезу, уявлення про електронну будову, ароматичність і хімічні властивості.

### **Лекція №32. Шестичленні гетероцикли з одним та двома гетероатомами.**

Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Піридин та його гомологи. Номенклатура та ізомерія похідних. Ароматичність і основність піридинового циклу. Виявлення нуклеофільних властивостей: реакції з електрофілами за атомом азоту і утворення N-оксиду. Відношення піридину та його гомологів до окисників. Гідрування піридинового ядра. Вплив гетероатома на реакційну здатність піридинового циклу в цілому і його окремих положень. Аналогія в хімічних властивостях піридину і нітробензолу. Реакції електрофільного заміщення в ядрі піридину та його N-оксиду. Реакції нуклеофільного заміщення водню (реакція Чичибабіна) і атомів галогену. Активність метильної групи в залежності від її розташування в піридиновому ядрі. Вплив положення функціональної групи в кільці на властивості гідрокси- і амінопіридинів, таутомерія гідрокси-піридинів. Солі піридинію, розщеплення піридинового циклу. Хінолін і його простіші похідні. Методи побудови хінолінового ядра, засновані на реакціях аніліну з гліцерином і карбонільними сполуками (синтези Скраупа і Дебнера-Міллера). Окиснення хіноліну. Схожість і відмінність хімічних властивостей піридину і хіноліну. Ізохінолін. Уявлення про природні сполуки, лікарські засоби і барвники – похідні піридину.

Шестичленні азотні гетероцикли з двома гетероатомами. Піримідин. Способи побудови піримідинового ядра, засновані на взаємодії сечовини та її похідних з малоновим естером, естерами β-альдегідо- і β-кетокислот. Схожість і відмінність хімічних властивостей піридину і піримідину. [Урацил, цитозин, тимін. Пуридин як конденсована система імідазолу і піримідину. Кофеїн, сечова кислота. Уявлення про нуклеотиди і нуклеїнові кислоти].

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і те	Кількість годин					
	денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>ВСТУП. Загальні положення, вуглеводні (4 семестр)</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема №1 Загальні положення. Джерела органічної сировини	8	2	2			4
Тема №2 Основні поняття органічної хімії	8	2	2			4
Тема №3 Електронні уявлення в органічній хімії	8	2	2			4
Тема № 4 Будова і реакційна здатність органічних сполук	8	2	2			4
Тема № 5 Фізико-хімічні методи дослідження в органічній хімії. Найважливіші джерела інформації про органічні сполуки та органічні реакції	12	4	2			6
<b>Усього за модуль 1</b>	<b>44</b>	<b>12</b>	<b>10</b>			<b>22</b>
<b>(4 семестр), Модуль 2</b>						
Тема №6 Алкани	10	4	2			4
Тема №7 Циклоалкани, алкени	11	4	1			6
Тема №8 Алкадієни	7	2	1			4
Тема №9 Алкіни	7	2	1			4
Тема №10 Ароматичні вуглеводні (арени)	11	4	1			6
<b>Усього за модуль 2</b>	<b>46</b>	<b>16</b>	<b>6</b>			<b>24</b>
<b>Разом за семестр 4</b>	<b>90</b>	<b>28</b>	<b>16</b>			<b>46</b>
<b>Галогенопохідні органічні сполуки (5 семестр)</b>						
<b>Модуль 3</b>						
Тема №11 Галогенопохідні аліфатичних і аліциклічних вуглеводнів	19	3	2	4		10
Тема №12 Ароматичні галогенопохідні	21	3	2	6		10
Тема №13 Гідроксипохідні вуглеводнів. Одноатомні насичені спирти	21	3	2	6		10
Тема №14 Ненасичені та ароматичні спирти	21	3	2	6		10
Тема №15. Феноли і нафтоли	21	3	2	6		10
Тема №16. Багатоатомні феноли	23	3	2	6		12
Тема №17. Етери	21	2	1	6		12
<b>Усього за модуль 3</b>	<b>147</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>40</b>		<b>74</b>
<b>(5 семестр), Модуль 4</b>						
Тема №18 Карбонільні сполуки	23	4	1	6		12
№19 Дикарбонільні сполуки $\alpha,\beta$ -Ненасичені альдегіди і кетони	21	4	1	6		10
Тема №20 Хінони	19	2	1	6		10
<b>Усього за модуль 4</b>	<b>63</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>18</b>		<b>32</b>
<b>Разом за семестр 5</b>	<b>210</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>58</b>		<b>106</b>

<b>Гомофункціональні сполуки (6 семестр), Модуль 5</b>						
Тема №21. Карбонові кислоти. Дикарбонові кислоти. Ненасичені монокарбонові кислоти. Ненасичені дикарбонові кислоти	19	3	1	5		10
Тема 22. Нітросполуки.	21	3	2	6		10
Тема 23. Аміни	21	3	2	6		10
Тема 24. Діазо- і азосполуки	21	3	2	6		10
Тема 25. Елементорганічні сполуки. Магній- і літійорганічні сполуки. Органічні сполуки алюмінію.	20	3	2	5		10
<b>Разом за модуль 5</b>	<b>102</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>28</b>		<b>50</b>
<b>Гетерофункціональні сполуки. Гетероциклічні сполуки. (6 семестр), Модуль 6</b>						
Тема 26. Гідроксикислоти	28	3	1	9		15
Тема 27. Альдегідо- і кетокислоти	28	3	1	9		15
Тема 28. Вуглеводи	28	3	1	9		15
Тема 29. Амінокислоти. Білки	28	3	1	9		15
Тема 30. П'ятичленні гетероцикли з одним гетеро атомом	28	3	1	9		15
Тема 31. П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки	29	3	2	9		15
Тема 32. Шестичленні гетероцикли з одним та з двома гетероатомами	29	3	2	14		10
<b>Разом за модуль 6</b>	<b>198</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>68</b>		<b>100</b>
<b>Разом</b>	<b>300</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>96</b>		<b>150</b>
<b>Усього годин (4 семестр)</b>	<b>90</b>	<b>28</b>	<b>16</b>			<b>46</b>
<b>Усього годин (5 семестр)</b>	<b>210</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>58</b>		<b>106</b>
<b>Усього годин (6 семестр)</b>	<b>300</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>96</b>		<b>150</b>
<b>Усього годин за курс</b>	<b>600</b>	<b>94</b>	<b>50</b>	<b>154</b>		<b>302</b>

### 6.3. Теми практичних занять

Назви змістових модулів і тем для практичних занять	
1	
<b>Вступ. Загальні положення, вуглеводні (4 семестр), модуль 1</b>	
Тема №1 Загальні положення. Джерела органічної сировини	2
Тема №2 Основні поняття органічної хімії	2
Тема №3 Електронні уявлення в органічній хімії	2
Тема № 4 Будова і реакційна здатність органічних сполук	2
Тема № 5 Фізико-хімічні методи дослідження в органічній хімії. Найважливіші джерела інформації про органічні сполуки та органічні реакції	2
<b>Всього за модуль 1</b>	<b>10</b>
<b>(4 семестр), модуль 2</b>	
Тема №6 Алкани	2
Тема №7 Циклоалкани, алкени	1
Тема №8 Алкадієни	1
Тема №9 Алкіни	1
Тема №10 Ароматичні вуглеводні (арени)	1
<b>Всього за модуль 2</b>	<b>6</b>
<b>Разом за змістовим семестр 4</b>	
<b>16</b>	
<b>Галогенопохідні органічні сполуки (5 семестр)</b>	
Тема №11 Галогенопохідні аліфатичних і аlicиклічних вуглеводнів	2
Тема №12 Ароматичні галогенопохідні	2
Тема №13 Гідроксипохідні вуглеводнів. Одноатомні насичені спирти	2
Тема №14 Ненасичені та ароматичні спирти	2
Тема №15. Феноли і нафтоли	2
Тема №16. Багатоатомні феноли	2
Тема №17. Етери	1
<b>Всього за модуль 3</b>	<b>13</b>
<b>(5 семестр), модуль 4</b>	
Тема №18 Карбонільні сполуки	1
Тема №19 Дикарбонільні сполуки $\alpha, \beta$ -Ненасичені альдегіди і кетони	1
Тема №20 Хінони	1
<b>Всього за модуль 4</b>	<b>3</b>
<b>Разом за семестр 5</b>	
<b>16</b>	
<b>Гомофункціональні сполуки (6 семестр), Модуль 5</b>	
Тема №21. Карбонові кислоти. Дикарбонові кислоти. Ненасичені монокарбонові кислоти. Ненасичені дикарбонові кислоти	1
Тема 22. Нітросполуки.	2
Тема 23. Аміни	2
Тема 24. Діазо- і азосполуки	2
Тема 25. Елементорганічні сполуки. Магній- і літійорганічні сполуки. Органічні сполуки алюмінію.	2
<b>Разом за модуль 5</b>	<b>9</b>

<b>Гетерофункціональні сполуки. Гетероциклічні сполуки (6 семестр), Модуль 6</b>	
Тема 26. Гідроксикислоти	1
Тема 27. Альдегідо- і кетокислоти	1
Тема 28. Вуглеводи	1
Тема 29. Амінокислоти. Білки	1
Тема 30. П'ятичленні гетероцикли з одним гетеро атомом	1
Тема 31. П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки	2
Тема 32. Шестичленні гетероцикли з одним та з двома гетероатомами	2
<b>Разом за модуль 6</b>	<b>9</b>
<b>Разом за семестр 6</b>	<b>18</b>
<b>Усього годин (4 семестр)</b>	<b>16</b>
<b>Усього годин (5 семестр)</b>	<b>16</b>
<b>Усього годин (6 семестр)</b>	<b>18</b>
<b>Усього годин за курс</b>	<b>50</b>

#### 6.4. Теми лабораторних занять, годин

Назви змістових модулів і тем для лабораторних занять	
1	
<b>Вступ. Загальні положення, вуглеводні (4 семестр), Модуль 1</b>	
<b>Разом за модуль 1</b>	<b>0</b>
<b>(4 семестр), Модуль 2</b>	
<b>Разом за модуль 2</b>	<b>0</b>
<b>Разом за семестр 4</b>	<b>0</b>
<b>Галогенопохідні органічні сполуки (5 семестр), Модуль 3</b>	
Тема №11 Галогенопохідні аліфатичних і аліциклічних вуглеводнів	4
Тема №12 Ароматичні галогенопохідні	6
Тема №13 Гідрокси- і галогенопохідні вуглеводнів. Одноатомні насичені спирти	6
Тема №14 Ненасичені та ароматичні спирти	6
Тема №15. Феноли і нафтоли	6
Тема №16. Багатоатомні феноли	6
Тема №17. Етери	6
<b>Разом за модуль 3</b>	<b>40</b>
Тема №18 Карбонільні сполуки	6
Тема №19 Дикарбонільні сполуки $\alpha, \beta$ -Ненасичені альдегіди і кетони	6
Тема №20 Хінони	6
<b>Разом за модуль 4</b>	<b>18</b>
<b>Разом за семестр 5</b>	<b>58</b>
<b>Гомофункціональні сполуки (6 семестр), Модуль 5</b>	
Тема №21. Карбонові кислоти. Дикарбонові кислоти. Ненасичені монокарбонові кислоти. Ненасичені дикарбонові кислоти	5
Тема 22. Нітросполуки.	6

Тема 23. Аміни	6
Тема 24. Діазо- і азосполуки	6
Тема 25. Елементорганічні сполуки. Магній- і літійорганічні сполуки. Органічні сполуки алюмінію.	5
<b>Разом за модуль 5</b>	<b>28</b>
<b>Гетерофункціональні сполуки. Гетероциклічні сполуки (6 семестр), Модуль 6</b>	
Тема 26. Гідроксикислоти	9
Тема 27. Альдегідо- і кетокислоти	9
Тема 28. Вуглеводи	9
Тема 29. Амінокислоти. Білки	9
Тема 30. П'ятичленні гетероцикли з одним гетеро атомом	9
Тема 31. П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки	9
Тема 32. Шестичленні гетероцикли з одним та з двома гетероатомами	14
<b>Разом за модуль 6</b>	<b>68</b>
<b>Усього годин (4 семестр)</b>	<b>0</b>
<b>Усього годин (5 семестр)</b>	<b>58</b>
<b>Усього годин (6 семестр)</b>	<b>96</b>
<b>Усього годин за курс</b>	<b>154</b>

### 6.5. Самостійна робота

Назви змістових модулів і тем для самостійних занять	
1	
<b>Вступ. Загальні положення, вуглеводні (4 семестр), Модуль 1</b>	
Тема №1 Загальні положення. Джерела органічної сировини	4
Тема №2 Основні поняття органічної хімії	4
Тема №3 Електронні уявлення в органічній хімії	4
Тема № 4 Будова і реакційна здатність органічних сполук	4
Тема № 5 Фізико-хімічні методи дослідження в органічній хімії. Найважливіші джерела інформації про органічні сполуки та органічні реакції	6
<b>Разом за модуль 1</b>	<b>22</b>
<b>(4 семестр), Модуль 2</b>	
Тема №6 Алкани	4
Тема №7 Циклоалкани, алкени	6
Тема №8 Алкадієни	4
Тема №9 Алкіни	4
Тема №10 Ароматичні вуглеводні (арени)	6
<b>Разом за модуль 2</b>	<b>24</b>
<b>Разом за семестр 4</b>	<b>46</b>
<b>Галогенопохідні органічні сполуки (5 семестр), Модуль 3</b>	
Тема №11 Галогенопохідні аліфатичних і аліциклічних вуглеводнів	10
Тема №12 Ароматичні галогенопохідні	10
Тема №13 Гідроксипохідні вуглеводнів. Одноатомні насичені спирти	10

Тема №14 Ненасичені та ароматичні спирти	10
Тема №15. Феноли і нафтоли	10
Тема №16. Багатоатомні феноли	12
Тема №17. Етери	12
<b>Разом за модуль 3</b>	<b>74</b>
Тема №18 Карбонільні сполуки	12
№19 Дикарбонільні сполуки $\alpha,\beta$ -Ненасичені альдегіди і кетони	10
Тема №20 Хінони	10
<b>Разом за модуль 4</b>	<b>32</b>
<b>Разом за семестр 5</b>	<b>106</b>
<b>Гомофункціональні сполуки (6 семестр), Модуль 5</b>	
Тема №21. Карбонові кислоти. Дикарбонові кислоти. Ненасичені монокарбонові кислоти. Ненасичені дикарбонові кислоти	10
Тема 22. Нітросполуки.	10
Тема 23. Аміни	10
Тема 24. Діазо- і азосполуки	10
Тема 25. Елементорганічні сполуки. Магній- і літійорганічні сполуки. Органічні сполуки алюмінію.	10
<b>Разом за модуль 5</b>	<b>50</b>
<b>Гетерофункціональні сполуки. Гетероциклічні сполуки (6 семестр), Модуль 6</b>	
Тема 26. Гідроксикислоти	15
Тема 27. Альдегідо- і кетокислоти	15
Тема 28. Вуглеводи	15
Тема 29. Амінокислоти. Білки	15
Тема 30. П'ятичленні гетероцикли з одним гетеро атомом	15
Тема 31. П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки	15
Тема 32. Шестичленні гетероцикли з одним та з двома гетероатомами	10
<b>Разом за модуль 6</b>	<b>100</b>
<b>Разом за семестр 6</b>	<b>150</b>
<b>Усього годин (4 семестр)</b>	<b>46</b>
<b>Усього годин (5 семестр)</b>	<b>106</b>
<b>Усього годин (6 семестр)</b>	<b>150</b>
<b>Усього годин за курс</b>	<b>302</b>

## 7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальні завдання є узагальнюючі завдання змістових модулів 1 та 2 (тематика в рамках лекційних тем).

## 8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ, ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Теоретичний аналіз наукової літератури; аналіз та узагальнення. Вирішення поставлених завдань здійснюється з використанням системного підходу в доборі матеріалу, методів індуктивного і логічного аналізу. Індивідуальне та групове опитування. Індивідуальне виконання експериментальної роботи.

Технічні засоби: хімічний лабораторний посуд (колби, пробірки, мірний циліндр, скляні палки, бюретки, тощо). Сухі неорганічні солі та їх розчини, розчини кислот і лугів. Обладнання НІХХЕ.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Lendel Vasyly, Slivka Mikhailo, Onysko Mikhailo, Balogh Irina, Farinuk Yurii, Fizer Maksym, Khripak Natalia, Krivoviaz Andrii, Lucio Svitlana, Rusin Ivan. BIOORGANIC & ORGANIC CHEMISTRY. Selected Topics in Thesis, Schemes and Examples. Part 1. Aliphatic monofunctional compounds. Handbook. Edition 2 (English-Ukrainian) – Uzhgorod, UzhNU: «Hoverla», 2016. – 224p.
2. Лендел В.Г., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Кривов'яз А.О., Русин І.Ф., Фізер М.М. Збірник завдань з курсу «Органічна хімія». Частина 1. / Навчальний посібник: Матеріал прикладного характеру для студентів хімічних та екологічних спеціальностей. / Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2018. 182 с.
3. Лендел В.Г., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Кривов'яз А.О., Русин І.Ф., Фізер М.М. Збірник завдань з курсу «Органічна хімія». Частина 2. Навчальний посібник: Матеріал прикладного характеру для студентів хімічних та екологічних спеціальностей. Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2018. 242 с.
4. Лендел В.Г., Балог І.М., Кривов'яз А.О., Луцьо С.А., Онисько М.Ю., Русин І.Ф., Сливка М.В., Фаринюк Ю.І., Фізер М.М., Хрипак Н.П. Практикум з органічної хімії : Матеріал прикладного характеру для студентів хімічних спеціальностей. Ужгород: кафедра органічної хімії ДВНЗ «УжНУ», 2015. 205 с.

### Допоміжна література

1. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Львів:Інтелект-Захід, 2006. 557 с.
2. Черних В.П., Зіменковський Б.С, Гриценко І.Є. Органічна хімія: Підруч. для фармац. вузів і фак. У 3 кн. Харків: Основа, 1993-1997.
3. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія: Підручник. Львів: Центр Європи, 2000, 86 Зс.
4. Лендел В.Г., Онисько М.Ю., Сливка М.В., **Кривов'яз А.О.**, Русин І.Ф., Фізер М.М. Збірник завдань з курсу «Органічна хімія». Частина 1. / Навчальний посібник: Матеріал прикладного характеру для студентів хімічних та екологічних спеціальностей. / Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2018. – 182с.  
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/32895>
5. Лендел В.Г., Онисько М.Ю., Сливка М.В., **Кривов'яз А.О.**, Русин І.Ф., Фізер М.М. Збірник завдань з курсу «Органічна хімія». Частина 2. / Навчальний посібник: Матеріал прикладного характеру для студентів хімічних та екологічних спеціальностей. / Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2018. – 242с.  
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/26687>

6. Фізер М.М., **Кривов'яз А.О.**, Сливка М.В., Лендел В.Г. Практикум з методології органічного синтезу / Матеріал прикладного характеру для студентів хімічних спеціальностей. / Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2019. – 92с.

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/26841>

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)