

Робоча програма з дисципліни «Хімія фосфороорганічних сполук» за спеціальністю 102 – хімія, галузь знань 10 – природничі науки для аспірантів третього науково-освітнього рівня

„03” 12, 2020 р. – 18 с.

Розробники:

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Структурні типи органічних похідних фосфору.

П.П. Онисько, д.х.н., проф.



(підпис)

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Основні класи та реакції фосфорорганічних сполук.

О.М. Костюк, д.х.н., проф.



(підпис)

Програму затверджено на засіданні Вченої ради
Інституту органічної хімії НАН України

протокол № 18

від « 07 » 12 2020 року

Вчений секретар

к.х.н.



В.С. Нікітченко

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Хімія фосфороорганічних сполук» є новою та перспективною у підготовці фахівців в галузі хімії, яка входить в цикл професійної підготовки аспірантів. Хімія фосфору в даний стала однією з основних галузей хімічної науки, її досягнення широко використовуються в різних галузях біології, медицини, синтетичної та теоретичної органічної хімії, каталізу, хімії полімерів, захисту рослин та тварин від шкідників, інших областях науки і техніки.

Програма навчальної дисципліни складається з двох змістовних модулів:

1. Структурні типи органічних похідних фосфору.
2. Основні класи та реакції фосфорорганічних сполук.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «Хімія фосфороорганічних сполук» є однією з вибіркових, яка входить до дисциплін професійної підготовки. Даний курс вивчається аспірантами протягом VI семестра та третього навчального року.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою дисципліни є набуття компетенції в галузі хімії фосфорорганічних сполук.

1.2. Завданням дисципліни є розвиток теоретичних уявлень про природу хімічного зв'язку в фосфорорганічних сполуках, особливостях їх будови, реакційної здатності та основних напрямів практичного застосування.

1.3. У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен наступне.

Знати та розуміти:

- всі можливі валентні та координаційні стани атома фосфору;

- основні класи фосфорорганічних сполук, їх електронну будову, класифікацію і номенклатуру
- основні методи синтезу фосфорорганічних сполук
- найважливіші типи реакцій фосфорорганічних сполук та їх механізми
- сучасні тенденції розвитку хімії фосфорорганічних сполук та їх застосування

Вміти:

- планувати синтез фосфорорганічних сполук різних типів;
- використовувати знання з хімії фосфорорганічних сполук при вивченні суміжних дисциплін;
- ідентифікувати різні типи фосфорорганічних сполук з використанням сучасних фізико-хімічних методів;
- ефективно планувати використання фосфорорганічних реагентів в органічному синтезі.

Володіти: сучасними методами синтезу та дослідження фосфорорганічних сполук, фізико-хімічними методами їх ідентифікації, прийомами роботи з фосфорорганічними сполуками різних типів.

Сформовані компетентності:

- Здатність до проведення самостійних наукових досліджень. Набуття компетентностей ініціювання та виконання наукових досліджень, які дають можливість переосмислити наявні та отримати нові знання.
- Здатність самостійно формулювати і вирішувати оригінальні дослідницькі завдання в області органічної хімії.
- Уміння прогнозувати перспективи розвитку природничих наук і наук про життя, їхній вплив на подальше існування людства.
- Навички незалежного виконання експериментів, уміння описувати, аналізувати та критично оцінювати отримані експериментальні дані.

Програмні результати навчання:

- Оволодіння уявленнями про загальні закономірності, які описують поведінку і взаємодію молекулярних об'єктів в синтетичних процесах.

- Знання структури, методів синтезу та властивостей основних типів біоактивних сполук.
- Знання структури, методів синтезу та властивостей основних типів фосфороорганічних сполук.

2. Опис навчальної дисципліни

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо - науковий)
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Вибіркова дисципліна
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	2
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	-
Форма контролю	залік
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання	
Рік підготовки	3
Семестр	6
Лекційні заняття	26 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.
Самостійна робота	60 год.
Консультації	4 год
Індивідуальні завдання	-

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Структурні типи органічних похідних фосфору.

Тема 1. Вступ до хімії фосфорорганічних сполук. Специфіка фосфороорганічних та елементоорганічних молекул.

Загальні поняття. Органічні сполуки, елементоорганічні сполуки, фосфорорганічні сполуки. Місце хімії елементоорганічних сполук в ряду інших хімічних дисциплін. Загальні і специфічні властивості органічних і

елементоорганічних сполук. Відкриття та практичне застосування елементоорганічних сполук. Подібність та відмінність органічних та елементоорганічних молекул. Порівняння електронегативності фосфору вуглецю, та інших елементів.

Тема 2. Структурні типи органічних похідних фосфору.

Координація і валентність. Типи сполук низькокоординованого тривалентного та п'ятивалентного фосфору. Сполуки одно- та двокоординованого фосфору. Синтез та деякі властивості, фактори стабілізації. Електронна та кінетична стабілізація. Реакції приєднання та димеризації. Утворення комплексів. Передача електронних ефектів.

Тема 3. Сполуки трикоординованого фосфору ($\sigma^3 \lambda^3$).

Кислоти фосфору нижчого ступеня окиснення та фосфіни. Номенклатура. Основність та нуклеофільність. Біфільність. Класична та неklasична реакція Арбузова, реакція Перкова. Реакції Міхаеліса – Беккера, Пудовика, Абрамова, Кабачника – Філдса. Біортогональні реакції за участі сполук фосфору.

Тема 4. Кислоти фосфору вищого ступеня окиснення ($\sigma^4 \lambda^5$).

Кислоти фосфору вищого ступеня окиснення. Похідні фосфорних, фосфонових, та фосфінових кислот. Гідрофосфорильні сполуки, таутомерія, Використання в органічному синтезі. Амінофосфонові кислоти. Фосфонопептиди.

Тема 5. Стереоселективний синтез фосфорорганічних сполук.

Загальні принципи асиметричного синтезу та стереохімії фосфорорганічних сполук. Хіральні дериватизуючі агенти. Визначення абсолютної конфігурації. Метод Мошера. Мультистереоселективність, подвійна асиметрична індукція. Асиметричний синтез Р-хірогенних сполук.

Асиметричний органокаталіз та металокомплексний каталіз. Ферментативний асиметричний синтез.

Тема 6. Фізико-хімічні методи дослідження фосфорорганічних сполук.

ЯМР спектроскопія, ІЧ спектроскопія та хроматографія Використання ЯМР ^{31}P , ^1H , ^{13}C для встановлення будови ФОС. Шкала ЯМР ^{31}P для різних типів фосфорорганічних сполук. Використання ЯМР фосфорорганічних сполук на різних ядрах для вивчення механізмів реакцій, стереохімічних та біохімічних досліджень.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Основні класи та реакції фосфорорганічних сполук

Тема 7. Реакції нуклеофільного заміщення при тетраедричному атомі фосфору.

Нуклеофільне заміщення при тетраедричному атомі фосфору. Механізми реакцій заміщення. Будова перехідного стану. Роль d-орбіталей в заміщенні. Органічні похідні кислот фосфору: аміди, ізоціанати, естери. Відмінності у властивостях похідних P(III) та P(V). Фосфазосполуки. Реакція Кірсанова.

Тема 8. Фосфонієві солі

Загальна характеристика. Фосфонієві солі. Кватернізація фосфінів. Стереохімія фосфонієвих солей. Реакції з нуклеофільними реагентами. Лужні розщеплення, відщеплення α -водню, реакції з літійорганічними сполуками. Квазіфосфонієві сполуки.

Тема 9. Іліди фосфору.

Синтез ілідів фосфору. Характер зв'язку C=P в фосфінометиленах. Реакції фосфінометиленів з галоїдними алкілами, ацилювання, реакції з електрофільними реагентами. Гідроліз. P-гетерозаміщені іліди фосфору. Реакція Віттіга. Вплив на реакцію Віттіга різних факторів. Стереохімія реакції

Віттіга і їх залежність від різних факторів. Механізм реакції Віттіга і його сучасна концепція. Застосування реакції Віттіга.

Тема 10. Фосфорани – синтез та властивості

Пентаалкіл – і пентаарилфосфорани. Хлорофосфорани. Алкоксифосфорани. Фторофосфорани. Фосфорани зі зв'язками РН. Таутомерія сполук Р(III) – Р(V), обумовлена міграціями протону між NH, OH та РН групами. Стереохімія фосфоранів. Спірофосфорани. Реакції фосфоранів. Реакції галоїдфосфоранів. Сполуки гексакоординованого фосфору. Загальні уявлення про методи синтезу і властивості сполук Р(VI). Аніони PF_6 та PCl_6 .

Тема 11. Циклічні сполуки фосфору

Номенклатура. Основні методи одержання. Кватернізація фосфінів. Приєднання сполук Р(III) до дієнів і олефінів з циклізацією. Приклади циклізацій за рахунок перетворень вуглеводневих залишків. П'ятичленні цикли – фосфоли, фосфолени. Шестичленні цикли – фосфофініни. Фосфетан.

Тема 12. Застосування фосфоровмісних сполук в органічній хімії

Стабілізації діазосполук за допомогою P(O)(OR)_2 групи та їх використання в органічній хімії. Реакція Міцунобу. Карбени стабілізовані фосфоровмісними групами. Застосування ЯМР ^{31}P для оцінки основності карбенів.

Тема 13. Застосування ФОС на практиці.

Пестициди. Комплексоутворювачі. Токсичні сполуки фосфору. Застосування фосфатів, фосфінів та окисів фосфінів. Застосування фосфору в квантових точках.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Самостійна робота	Консультації
1	2	3	4	5	7
Змістовий модуль 1. Структурні типи органічних похідних фосфору.					
Тема 1.	8	2	2	4	-
Тема 2.	9	2	2	5	-
Тема 3.	10	2	2	5	1
Тема 4.	9	2	2	5	-
Тема 5.	9	2	2	5	-
Тема 6.	12	2	4	5	1
<i>Разом за змістовим модулем 1</i>	57	12	14	29	2
Змістовий модуль 2. Основні класи та реакції фосфорорганічних сполук					
Тема 7.	8	2	2	4	-
Тема 8.	9	2	2	5	-
Тема 9.	8	2	2	4	-
Тема 10.	10	2	2	5	1
Тема 11.	8	2	2	4	-
Тема 12.	9	2	2	5	-
Тема 13.	11	2	4	4	1
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	63	14	16	31	2
Усього годин	120	26	30	60	4

5. Теми практичних занять.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальні і специфічні властивості органічних і елементоорганічних сполук	2
2	Електронна та кінетична стабілізація сполук низькоординованого фосфору	2
3	Біфільність фосфорорганічних сполук	2
4	Класична та некласична реакція Арбузова в синтезі сполук 4-координованого фосфору	2
5	Визначення абсолютної конфігурації фосфорорганічних сполук. Метод Мошера.	2
6	Використання ЯМР ^{31}P , ^1H , ^{13}C для встановлення будови фосфорорганічних сполук.	4

7	Стереохімія та механізм нуклеофільного заміщення при тетраедричному атомі фосфору.	2
8	Реакції фосфонієвих солей.	2
9	Стереохімія реакції Віттіга.	2
10	Методи синтезу фосфоранів.	2
11	Шестичленні цикли – фосфофініни	2
12	Реакція Міцунобу.	2
13	Токсичні сполуки фосфору.	4
Разом:		30

6. Тематика самостійної роботи.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Специфіка фосфороорганічних та елементоорганічних молекул. Відкриття та практичне застосування елементоорганічних сполук. Подібність та відмінність органічних та елементоорганічних молекул.	4
2.	Структурні типи органічних похідних фосфору. Координація і валентність. Електронні ефекти фосфоровмісних груп як замісників. Передача спряження через атом фосфору різної координації. Спряження в ненасичених циклічних сполуках фосфору. Таутомерія в ряду фосфорорганічних сполук.	5
3.	Сполуки трикоординованого фосфору ($\sigma^3 \lambda^3$). Галогеніди та органігалогеніди фосфору. Кислоти фосфору нижчого ступеня окиснення. Біфільність, основність та нуклеофільність.	5
4.	Кислоти фосфору вищого ступеня окиснення ($\sigma^4 \lambda^5$). Галогеніди чотири-, та п'ятикоординованого фосфору. Похідні фосфорних, фосфонових, та фосфінових кислот. Гідрофосфорильні сполуки, таутомерія.	5
5.	Стереоселективний синтез фосфорорганічних сполук. Хіральні дериватизуючі агенти. Визначення абсолютної	5

	конфігурації. Метод Мошера. Мультистереоселективність, подвійна асиметрична індукція.	
6.	Фізико-хімічні методи дослідження фосфорорганічних сполук. Використання ЯМР ^{31}P , ^1H , ^{13}C для встановлення будови ФОС. Шкала ЯМР ^{31}P для різних типів фосфорорганічних сполук.	5
7.	Нуклеофільне заміщення при тетраедричному атомі фосфору.	4
8.	Методи отримання та реакційна здатність фосфонієвих солей.	5
9.	Застосування ілідів фосфору.	4
10.	Типи фосфоранів.	5
11.	Шестичленні циклічні сполуки фосфору	4
12.	Реакція Міцунобу.	5
13.	Вплив ФОС на екологію	4
Разом		60

7. Методи навчання

Форми навчання: Теоретичні, самостійна робота, консультації

Методи навчання: словесні – лекція, пояснення, бесіда;

наочні – презентації, виконані із застосуванням програми PowerPoint;

проблемно-пошукові методи – дискусія та колективне обговорення можливих підходів до вирішення задач чи експериментальних завдань

8. Форми контролю

Поточний контроль - письмові контрольні роботи за темами лекційного курсу, тестування знань аспірантів з певних тем, усне опитування, участь в дискусії, додаткова робота.

Підсумковий контроль – залік.

9. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточна самостійна та додаткова робота													Залік	Сума балів
Змістовний модуль №1						Змістовний модуль №2								
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13		
5	5	5	5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	40	100

Критерії оцінювання успішності аспірантів (форма підсумкового контролю - залік)

35...40 балів ставиться аспіранту, який демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, знає суть предмету, його сучасний зміст та методологію, класифікацію природних сполук та їх основні біогенетичні шляхи синтезу, особливості будови, структурну різноманітність, хімічні та біологічні властивості природних сполук; вміє визначати належність природної сполуки до певного класу чи групи на основі класифікаційних ознак, а також виділяти структурні особливості, які визначають хімічні та біологічні властивості сполуки; має достовірний рівень розвитку умінь і навичок, що лежать в основі методів виявлення, вилучення, очистки та аналізу сполук рослинного походження; вільно володіє науковими термінами; вміє приймати необхідні рішення в нестандартних та має високу комунікативну культуру.

30...35 балів ставлять у тому випадку, якщо аспірант виявляє знання теоретичного програмного матеріалу і показує систематичний характер знань по всіх розділах програми, проте у відповідях є деякі недоліки, а саме: може описати структурну різноманітність основних класів природних сполук, але не чітко оцінює взаємозв'язок між будовою та властивостями природних сполук, не вміє прогнозувати хімічні та біологічні властивості сполук за їх структурою; орієнтується в способах виділення та в синтетичних методах одержання природних сполук, але не може зробити узагальнюючі висновки; допускає окремі несуттєві помилки і неточності; виникає необхідність задавати допоміжні питання.

24...30 балів виставляється аспіранту, який засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними вміннями та навичками для вирішення стандартних завдань, знає основні закономірності, але не зовсім чітко уявляє їх застосування, не виявляє самостійності суджень, не вміє сформулювати висновки.

0...24 балів ставиться аспіранту, який не володіє необхідними знаннями, вміннями, навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

10. Рекомендована література

Базова:

1. D.E.C. Corbridge Phosphorus. Chemistry, Biochemistry and technology. Six edition. 2016. <https://doi.org/10.1201/b12961>.
2. Пурдела Д., Вылчану Р. Химия органических соединений фосфора М.: Химия, 1972. — 752 с.
3. Кирби А., Уоррен С. Органическая химия фосфора Перевод с англ. М.: Мир, 1971. - 404 с. OCR
4. Нифантьев Э.Е. Химия фосфорорганических соединений 1971. 352 с.
5. Хадсон Р. Структура и механизм реакций фосфорорганических соединений Монография — М.: Мир, 1967. — 362 с
6. Зассе С.С. Методы органической химии (Губен Вейль), нем. Т 12 (1,2)
7. Джонсон А. Химия илидов М.: Мир, 1969. — 400 с
8. P. Savignac, B. Iorga, Modern phosphonate chemistry, CRC Press, 2003. 552 pages.
9. Phosphorus(III) Ligands in Homogeneous Catalysis: Design and Synthesis. Eds. PAUL C. J. KAMER, PIET W. N. M. VAN LEEUWEN. John Wiley & Sons, Ltd. 2012. 547 pages.
10. R. Engel. Synthesis of Carbon-Phosphorus Bonds. CRC, 2004.
11. О. И. Колодяжный, А. О. Колодяжная. Стереоселективный синтез фосфорорганических соединений. К. Наукова Думка. 2017. 342с.
12. Л.Н. Марковский, В.А. Романенко, А. В. Рубан, Химия ациклических соединений двухкоординированного фосфора. К. Наукова Думка. 1988. 295с.

13. О. И. Колодяжный. Химия илидов фосфора. К. Наукова Думка. 1994. 558с.
14. Organophosphorus Chemistry. From Molecules to Applications. Ed. V. Iaroshenko, Wiley-VCH, 2019. 572 pages.
15. Нифантьев Э.Е. Химия гидрофосфорильных соединений Москва: Наука, 1983. - 264 с.

Допоміжна:

1. Успехи химии фосфор- и сераорганических соединений, т 1-3.
2. Корбридж Д. Фосфор: Основы химии, биохимии, технологии Пер. с англ. — М.: Мир, 1982, — 680 с.
3. Олкок Г. Фосфоразотистые соединения Перевод с английского. — Москва: Мир, 1976. — 563 с.
4. Левин Я.А., Воркунова Е.И. Гемолитическая химия фосфора 1978. 320 с.
5. Cadogan Organophosphorus Reagents in Organic Synthesis Academic Pr (March 1, 1980) 608 pages
6. L. D. Quin The heterocyclic chemistry of phosphorus : systems based on the phosphorus-carbon bond Chemistry Published 1981
7. Topics in Phosphorus Chemistry Vol (1-10)
8. Под ред. Б. А. Казанского (и др.) М., «Химия», 1973. — 22 см. - Кн. 23. (А. Н. Пудовик, И. В. Коновалова, Э. А. Ишмаева. Реакции производных кислот трехвалентного фосфора с электрофильными реагентами. 488 с
9. Пудовик А. И., Гурьянова И. В., Ишмаева Э. И. Реакции присоединения фосфорсодержащих соединений с подвижным атомом водорода. Реакции и методы. Левин Л. А., Воркунова Е. И. Гомолитическая химия фосфора. М.: Наука
10. Хаскин Б.А. Алкилированные производные кислот фосфора. Реакции и методы исследования органических соединений, т. 20.
11. Зиновьев Ю.М., Соборовский Л.З. Окислительное фосфорилирование углеводов и их производных. Реакции и методы исследования органических соединений, т. 21.
12. М.И. Швецов-Шиловский, Р.Г. Бобкоава, Н.П. Игнатова, М.М. Мельников, Успехи химии, 1977, т.66 в.6, с.967-1001.
13. E. Fluck Topics in Phosphorus Chemistry, 1980, v 10, p 193.

Інформаційні ресурси

<https://www.molnac.unisa.it/OMtools/sambvca2.1/help/help.html>

Календарно-тематичний план вивчення нормативної навчальної дисципліни

«ХІМІЯ ФОСФОРООРГАНІЧНИХ СПОЛУК»

Календарний план навчальних занять

Рівень вищої освіти

Галузь знань

Спеціальність

Рік навчання

Семестр

Третій (освітньо-науковий)

10 – Природничі науки

102 – Хімія

6

6

Затверджую

Директор Інституту органічної хімії НАН України

акад. НАН України В.І. Кальченко

«07» 12 2020 р.

Кількість тижнів

Практичних занять

Консультації

16

30 год.

4 год.

Лекцій

Самостійна робота

Всього

26 год.

60 год.

90 год.

Теми лекцій	год	Теми практичних (лабораторних) занять	год	Теми самостійних робіт	год
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Структурні типи органічних похідних фосфору.					
Тема 1. Вступ до хімії фосфорорганічних сполук. Специфіка фосфорорганічних та елементоорганічних молекул.	2	Загальні і специфічні властивості органічних і елементоорганічних сполук	2	Специфіка фосфорорганічних та елементоорганічних молекул. Відкриття та практичне застосування елементоорганічних сполук. Подібність та відмінність органічних та елементоорганічних молекул.	4
Тема 2. Структурні типи органічних похідних фосфору.	2	Електронна та кінетична стабілізація сполук низькоординованого фосфору	2	Структурні типи органічних похідних фосфору. Координація і валентність. Електронні ефекти фосфоровмісних груп як замісників. Передача спряження через атом фосфору різної координації. Спряження в ненасичених циклічних сполуках фосфору. Таутомерія в ряду фосфорорганічних сполук.	5
Тема 3. Сполуки трикоординованого фосфору ($\sigma^3 \lambda^3$).	2	Біфільність фосфорорганічних сполук	2	Сполуки трикоординованого фосфору ($\sigma^3 \lambda^3$). Галогеніди та органігалогеніди фосфору. Кислоти фосфору нижчого ступеня окиснення. Біфільність, основність та нуклеофільність.	5
Тема 4. Кислоти фосфору вищого ступеня окиснення ($\sigma^4 \lambda^5$).	2	Класична та некласична реакція Арбузова в синтезі сполук 4-координованого фосфору	2	Кислоти фосфору вищого ступеня окиснення ($\sigma^4 \lambda^5$). Галогеніди чотири-, та п'ятикоординованого фосфору. Похідні фосфорних, фосфонових, та фосфінових кислот. Гідрофосфорильні сполуки, таутомерія.	5
Тема 5. Стереоселективний синтез фосфорорганічних сполук.	2	Визначення абсолютної конфігурації фосфорорганічних сполук. Метод Мошера.	2	Стереоселективний синтез фосфорорганічних сполук. Хіральні дериватизуючі агенти. Визначення абсолютної конфігурації. Метод Мошера. Мультистереоселективність, подвійна асиметрична індукція.	5
Тема 6. Фізико-хімічні методи	2	Використання ЯМР ^{31}P , ^1H ,	4	Фізико-хімічні методи дослідження фосфорорганічних сполук. Використання ЯМР ^{31}P , ^1H , ^{13}C для встановлення будови ФОС.	5

дослідження фосфорорганічних сполук.		^{13}C для встановлення будови фосфорорганічних сполук .		Шкала ЯМР ^{31}P для різних типів фосфорорганічних сполук.	
Змістовний модуль 2. Основні класи та реакції фосфорорганічних сполук.					
Тема 7. Реакції нуклеофільного заміщення при тетраедричному атомі фосфору.	2	Сtereохімія та механізм нуклеофільного заміщення при тетраедричному атомі фосфору.	2	Нуклеофільне заміщення при тетраедричному атомі фосфору.	4
Тема 8. Фосфонієві солі	2	Реакції фосфонієвих солей.	2	Методи отримання та реакційна здатність фосфонієвих солей.	5
Тема 9. Іліди фосфору.	2	Сtereохімія реакції Віттіга.	2	Застосування ілідів фосфору.	4
Тема 10. Фосфорани – синтез та властивості	2	Методи синтезу фосфоранів.	2	Типи фосфоранів.	5
Тема 11. Циклічні сполуки фосфору	2	Шестичленні цикли – фосфофініни.	2	Шестичленні циклічні сполуки фосфору	4
Тема 12. Застосування фосфоровмісних сполук в органічній хімії	2	Реакція Міцунобу.	2	Реакція Міцунобу.	5
Тема 13. Застосування ФОС на практиці.	2	Токсичні сполуки фосфору	4	Вплив ФОС на екологію	4
	26		30		60

Науково-педагогічні працівники



д.х.н., проф. П.П. Онисько



д.х.н., проф. О.М. Костюк

ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

1. Методи утворення зв'язку C-P.
2. Фосфазосполуки
3. Двокоординовані сполуки фосфору із зв'язком C=P.
4. Галогенфосфорани
5. Дитіокислоти фосфору
6. Однокоординовані сполуки фосфору
7. Фосфіни, основність, стереохімія.
8. Гідрофосфорильні сполуки фосфору. Таутомерія
9. Шестикоординовані сполуки фосфору
10. Реакція Арбузова
11. Методи утворення сполук із зв'язком N-P.
12. Іліди фосфору
13. Реакція Перкова.
14. Димеризація фосфазосполук.
15. Окиси фосфінів
16. Фосфонієві солі
17. Нуклеофільне заміщення біля тетраедричного атома фосфору
18. Амідни кислот тривалентного фосфору, реакції переамідування
19. Реакція Михаеліса-Беккера.
20. Біфільність сполук тривалентного фосфору
21. Таутомерія в ряду ФОС. Таутомерія $P^{III} - P^V$ (кислі фосфіти, амідфосфіти).
22. Реакція Віттіга, механізм, стереохімія, межі застосування.
23. Сполуки зі зв'язками P-S та P=S, таутомерія.
24. Циклічні сполуки двокоординованого атома фосфору зі зв'язком C=P.
25. Реакція Кабачника-Філдса.
26. Солі фосфонію.
27. Фосфорилування нітрилів.
28. Реакція Абрамова, фосфонат-фосфатне перегрупування.

29. Ізоціанати кислот фосфору.
30. Фосфорилування алкенів та алкінів
31. Реакція Пудовика
32. Фосфорилування С-Н кислот
33. 1,3-фосфоровмісні диполі.
34. Реакція Кірсанова
35. Реакції хлоридів тривалентного фосфору з гідроксисполуками.
36. Арил-, геттарилгалогенфосфіни. Реакція Клея.
37. Реакції фтороорганічних карбонільних сполук з похідними тривалентного фосфору.
38. Реакції окиснювального імінування похідних тривалентного фосфору.
39. Сполуки двокоординованого атома фосфору із зв'язком N=P.
40. Стереохімія реакцій заміщення біля атома фосфору (P^{III} та P^V)
41. Вінілфосфіти та вінілфосфонати
42. Фосфорилування ненасичених сполук.