

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою
Інституту органічної хімії НАН України
протокол № 18
від « 07 » 12 2020 року

Голова Вченої ради
органічної хімії НАН України
В.І. Кальченко акад. В.І. Кальченко



2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА З ДИСЦИПЛІНИ
«ХІМІЯ ФТОРООРГАНІЧНИХ СПОЛУК»**

**для аспірантів третього науково-освітнього рівня
спеціальності 102-«Хімія», спеціалізація «Органічна хімія»,
галузь знань 10 – природничі науки**

Число кредитів ЄКТС – 4 (120 год.)

Лекцій – 26 годин

Практичних занять – 30 годин

Самостійна робота – 60 годин

Консультації – 4 годин

Форма контролю знань – залік

Київ - 2020

Робоча програма з дисципліни «Хімія фторорганічних сполук» за спеціальністю 102 – хімія, галузь знань 10 – природничі науки для аспірантів третього науково-освітнього рівня
„06” 11, 2020 р. – 17с.

Розробник:

Ю.Л. Ягупольський, 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 фторорганічних сполук» є однією з базових у підготовці фахівців в галузі хімії, яка входить в цикл професійної підготовки аспірантів. Хімія фтору в стала однією з основних галузей хімічної науки, її досягнення широко використовуються в різних галузях біології, медицини, синтетичної та теоретичної органічної та неорганічної хімії, каталізу, хімії полімерів, захисту рослин та тварин від шкідників, інших областях науки і техніки.

Програма навчальної дисципліни складається з двох змістовних модулів:

1. Методи одержання фторорганічних сполук; реагенти фторування та введення фторовмісних угруповань
2. Класи фторорганічних сполук та їх специфічні перетворення

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. Для вивчення курсу необхідні знання та вміння, набуті аспірантами з дисциплін «Основи органічної хімії», «Фізико-хімічні методи досліджень органічних сполук».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

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

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

1.3. У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

Знати та розуміти:

- основні методи синтезу фторорганічних сполук

- основні класи фторорганічних сполук, їх електронну будову, класифікацію і номенклатуру;
- основні реагенти регіо- та стереоселективного введення атомів фтору та фторовмісних замісників
- практично та промислово доступні вихідні фторовмісні сполуки різних класів органічних сполук
- найважливіші типи реакцій фторорганічних сполук та їх механізми; ключові відмінності реакційної здатності у порівнянні з нефторованими аналогами;
- сучасні тенденції розвитку хімії фторорганічних сполук та їх застосування

Вміти:

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

Володіти: сучасними методами синтезу та дослідження фторорганічних 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 фтороорганічних 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. *Методи одержання фторорганічних сполук; реагенти фторування та введення фторовмісних угруповань*

Тема 1. Вступ до хімії фторорганічних сполук. Специфіка фторорганічних молекул.

Загальні поняття та номенклатура. Історія виникнення фторорганічних молекул, етапи застосування та розвиток дисципліни як незалежної галузі хімії. Загальні і специфічні властивості фторорганічних сполук як невід'ємної частини реалізації сучасних технологій.

Тема 2. Елементний фтор. Методи та методики фторування, замінники елементного фтору.

Хімічні властивості елементного фтору, прийоми роботи, відмінність від інших галогенів. Устаткування для генерації фтору, обладнання. С-Н фторування, приєднання до подвійного та потрійного зв'язку. N-F реагенти, класифікація та відмінність, реакції. Фториди галогенів як реагенти. Електрохімічне фторування. Фториди нікелю. Фториди благородних газів, історія відкриття, фізичні властивості. Фториди ксенону, застосування.

Тема 3. Фтороводень та неорганічні фториди.

Фтороводень, фізичні характеристики, одержання безводного HF, зберігання та умови застосування, техніка безпеки та прийоми при опіках. Хімічні властивості, реакції заміщення та приєднання, каталізатори. Реакція Свартса. Фториди стібію, приєднання до ненасичених систем, подвійного та потрійного зв'язку. Галогенфторування. Комплексні реагенти фтороводню з амінами. Фториди з органічними катіонами, розчинність.

Тема 4. Перетворення гідроксильної спиртової функції на фтор.

Активація до сульфоетерів, варіації сульфоокислотного залишку. Пряме заміщення гідроксилу – ФАР реагенти Яровенка, Ишикави, Петрова.

Чотирьохфториста сірка та її похідні, методи одержання, фізичні данні реагентів. Механізм реакції, трифторосульфінати. ДАСТ, МорДАСТ, тверді солі як реагенти. Умови одержання фторо-, дифторо- та трифторометильних похідних виходячи зі спиртів, альдегідів та кислот. Кислотні похідні як вихідні – етери, аміди. Полі трифторометильні сполуки.

Тема 5. Трифторометильна група як унікальний замісник.

Електронна будова трифторометильної групи, характеристика замісника та відмінності від метильної групи. Трифторометил-аніон, -радикал та катіон. Трифторометилтриметилсілан – одержання, умови генерування трифторометиланіону, каталізатори, розчинники. Трифторометилування С=О зв'язку альдегідів, кетонів, карбонових кислот; С=N зв'язку, кумуленів, Е=О фрагментів, елементоорганічних сполук. Межі застосування реагенту.

Реагенти нуклеофільного перфторалкілювання – перфторалкілвмісні сульфонійові та йодонійові солі, одержані проф. Л.М.Ягупольським та співробітниками. Реагенти Тогні.

Паладієвий каталіз у перфторалкілюванні.

Тема 6. Дифторокарбен та фторовмісні карбени, методи генерації.

Електронна будова фторованих карбенів та відмінність будови. Триплетний та синглетний стан. Методи генерації, загальні принципи та реагенти. Дифторметилування у розчинах за допомогою фреона 22 гідроксі- та тіольних сполук, N-дифторометильні похідні. Дифтороциклопропани.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Класи фторорганічних сполук та їх специфічні перетворення

Тема 7. Насічені фторовмісні сполуки. Фторовмісні радикали.

Фторовані алкани, фреони, галони, номенклатура. Методи одержання, промислові методики. Інгаляційні анестетики. Реакції галофільного заміщення. Іон-радикальні перетворення. Фторовані радикали, висока стійкість. Реакції

одноелектронного переносу. Перфторалкіл йодиди як унікальні реагенти перфторалкілування. Реакція Хунсдікера.

Тема 8. Фторалкени та фторалкини. Ароматичні Флориди.

Фторований подвійний та потрійний зв'язок, фізико-хімічні особливості. Фтор як донор у алкенах. Методи одержання фторолефінів та ацетиленів. Нуклеофільні та електрофільні реакції, приєднання фторид-іону. Димеризація фторолефінів. Фторовані сультони. Промислові фторолефіни та полімерні матеріали. Нафїони.

Реакція Бальца-Шимана, варіації та умови використання для одержання фтор ароматичних сполук.

Тема 9. Фторовані спирти, альдегіди та кетони.

Фторовмісні гидроксивмісні молекули – загальні відомості, кордони існування. Фторалкоси аніони, генерація, реакційна здатність. Трифторометоксі група. Спирти теломери, реакції.

Фтор альдегіди, трифторацетальдегід, гідрати, реакції.

Фторовані кетони, три- та гексафторацетон.

Тема 10. Фторкарбонові кислоти. Фторовмісні аміни.

Кислотність фтор карбонових кислот. Методи одержання, похідні – галогенангідриди, ангідриди, естери, амїди. Фторалкілнадкислоти як унікальні окисники.

Фторовмісні аміни на прикладі N-перфторалкіл вмісних сполук. Іміни альдегідів та кетонів у синтезах фторгетероциклів. Фторовані діазосполуки та диазирїни.

Тема 11. Сірковмісні фторорганічні сполуки.

Фторалкілсульфени, трифторометилтіогрупа, методи генерації та використання трифторометилмеркаптогрупи та SCF_3 – аніону. Фторалкільні похідні S (IV) и S(VI) – сульфоксиди та сульфони, SF_5 група.

Тема 12. Металоорганічні фторовмісні сполуки та реагенти.

Перфторалкільні похідні магнію та літію, методи одержання, стійкість, температурні межі застосування, вибрані реакції.

Фторовані цинк органічні реагенти, рівновага Шленка.

Перфторалкіл мідь, одержання, стабілізація у комплексні сполуки з амінами, фтороформ як вихідна для CF_3Cu , унікальне перетворення C1 до C2 – пентафтороетил мідь.

Ртутьфторалкіли як джерело карбонів.

Паладієвий синтез та крос сполучення для перфторалкільних молекул.

Тема 13. Біологічно активні фторовмісні сполуки та лікарські засоби

Основи біологічної активності фторорганічних сполук – ефекти мімікрії та блокування. Субстрат-самогубця.

Реальні приклади фторовмісних лікарських засобів за їх направленою активністю.

Фтор-18 позитронна томографія.

Фторовані гербіциди та інсектициди, типи сполук.

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. <u>Методи одержання фторорганічних сполук; реагенти фторування та введення фторовмісних угруповань</u>					
Тема 1.	6	2	-	4	-
Тема 2.	8	2	-	6	-
Тема 3.	13	2	6	4	1
Тема 4.	8	2	-	6	-
Тема 5.	14	2	6	6	-
Тема 6.	13	2	6	4	1
<i>Разом за змістовим модулем 1</i>	62	12	18	30	2

Змістовий модуль 2. <u>Класи фторорганічних сполук та їх специфічні перетворення</u>					
Тема 7.	6	2	-	4	-
Тема 8.	6	2	-	4	-
Тема 9.	6	2	-	4	-
Тема 10.	15	2	6	6	1
Тема 11.	6	2	-	4	-
Тема 12.	12	2	6	4	-
Тема 13.	7	2	-	4	1
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	58	14	12	30	2
Усього годин	120	26	30	60	4

5. Теми практичних занять.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Синтез імідоїлфторидів з імідоїлхлоридів дією фториду срібла	6
2	Трифторометилування кетонів за допомогою трифторометилтриметил сілану	6
3	Дифторометилування фенолу	6
4	Одержання аміду трифтороцтової кислоти	6
5	Відпрацювання одержання трифторметил міді	6
Разом:		30

6. Тематика самостійної роботи.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Специфіка фтороорганічних молекул. Відкриття та практичне застосування фторованих сполук. Подібність та відмінність органічних та фторорганічних молекул.	6
2.	Структурні типи органічних похідних фтору. Електронні ефекти фторовмісних груп як замісників. Передача спряження через фторовані подвійні зв'язки, спряження в ненасичених сполуках.	6
3.	Фторовані сполуки з рідкокристалічними властивостями.	6
4.	Фторовмісні слабо координовані аніони для сучасних джерел струму, акумуляторів та суперконденсаторів.	6
5.	Стереоселективний синтез фторорганічних сполук.	6
6.	Фізико-хімічні методи дослідження фторорганічних сполук. Використання ЯМР ^{19}F , ^1H , ^{13}C для встановлення будови. Шкала ЯМР ^{19}F для різних типів фторорганічних	5

	сполук.	
7.	Фторовмісні угруповання за ліпофільністю.	3
8.	Трифторметил аніон, трифторметилування	5
9.	Фторовмісні піридини для агропромисловості	4
10.	Фторовані похідні міді та цинку	5
11.	Паладій у синтезі фторовмісних сполук	5
12.	Фторовані препарати медичного застосування	5
13.	Фторовмісні пестициди	3
Разом		60

7. Методи навчання

Форми навчання: Теоретичні, практичні, самостійна робота, консультації

Методи навчання: словесні – лекція, пояснення, бесіда;

наочні – презентації, виконані із застосуванням програми PowerPoint;

практичні - лабораторні роботи, виконання вправ, завдань;

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

8. Форми контролю

Поточний контроль - 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	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5	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

1. Peer Kirsch Modern Fluoroorganic Chemistry Synthesis, Reactivity, Applications, 2013 Wiley-VCH Verlag GmbH
2. Fluorine in Organic Chemistry Richard D. Chambers 2004 Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-10787-7
3. Fluorine chemistry for organic chemists: problems and solutions / Milos Hudlicky, 2000
4. Dolbier, William R. Guide to fluorine NMR for organic chemists / 2nd edition. | Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2016
5. Thomas Braun • Russell P. Hughes, Editors Organometallic Fluorine Chemistry Springer International Publishing Switzerland 2015
6. Valentine Nenajdenko Editor, Fluorine in Heterocyclic Chemistry, Volume 1,2; Springer International Publishing Switzerland 2014
7. Bioorganic and medicinal chemistry of fluorine / Jean-Pierre Be'gue', Danie`le Bonnet-Delpon ; John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2008
8. Fluorine and Health Molecular Imaging, Biomedical Materials and Pharmaceuticals Edited by Alain Tressaud and Gunter Haufe, Elsevier, 2008
9. Fluorine chemistry (Houben-Veil)_E-10 (1999)
10. Emerging Fluorinated Motifs, Synthesis, Properties, and Applications; Volume 1,2; Edited by Dominique Cahard and Jun-An Ma; 2020 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co
11. Fluorination; Jinbo Hu • Teruo Umemoto, Editors, <https://doi.org/10.1007/978-981-10-3896-9>; Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020
12. А.Ловлейс и др. Алифатические фторсодержащие соединения, изд. Иностранной литературы Москва, 1961
13. Л.М. Ягупольский, Ароматические и гетероциклические соединения с фторсодержащими заместителями Киев, Наукова Думка, 1988
14. Шеппард У., Шартс К. Органическая химия фтора, М.: Мир, 1972

15. Гудлицкий М. Химия органических соединений фтора, М.: Госхимиздат, 1961
16. Исикава Н. (ред.) Новое в технологии соединений фтора, М.: Мир, 1984.
17. Максимов Б.Н., Барабанов В.Г., Серушкин И.Л. Промышленные фторорганические продукты Л.: Химия, 1990
18. Banks R.E. Fluorine chemistry at the millennium. Fascinated by fluorine ELSEVIER, 2006, 2000, AMSTERDAM - NEW YORK - OXFORD - SHANNON - SINGAPORE – TOKYO
19. Begue J.-P., Bonnet-Delpon D. Bioorganic and medicinal chemistry of fluorine Wiley, 2008.
20. Knunyants I.L., Yakobson G.G. (ed.) Syntheses of Fluoroorganic Compounds Springer-Verlag, 1985.
21. Uneyama K. Organofluorine Chemistry Blackwell Publishing Ltd, 2006

Календарно-тематичний план вивчення нормативної навчальної дисципліни

«ХІМІЯ ФТОРООРГАНІЧНИХ СПОЛУК»

Календарний план навчальних занять

Рівень вищої освіти

Галузь знань

Спеціальність

Рік навчання

Семестр

Третій (освітньо-науковий)

10 – Природничі науки

102 – Хімія

3

6



Затверджую

Директор Інституту органічної хімії НАН України
акад. НАН України В.І. Кальченко

«07» 12 2020 р.

Кількість тижнів 16
Лекцій 26 год.
Практичних занять 30 год.
Самостійна робота 60 год.
Консультації 4 год.
Всього 90 год.

Теми лекцій	год	Теми практичних (лабораторних) занять	год	Теми самостійних робіт	год
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. <u>Методи одержання фторорганічних сполук; реагенти фторування та введення фторовмісних угруповань</u>					
Тема 1. Вступ до хімії фторорганічних сполук. Специфіка фторорганічних молекул.	2			Специфіка фторорганічних молекул. Відкриття та практичне застосування фторованих сполук. Подібність та відмінність органічних та фторорганічних молекул.	6
Тема 2. Елементний фтор. Методи та методики фторування, замітники елементного фтору.	2			Структурні типи органічних похідних фтору. Електронні ефекти фторовмісних груп як замісників. Передача спряження через фторовані подвійні зв'язки, спряження в ненасичених сполуках.	6
Тема 3. Фтороводень та неорганічні фториди.	2	Синтез імідоїлфторидів з імідоїлхлоридів дією фториду срібла	6	Фторовані сполуки з рідкокристалічними властивостями.	6
Тема 4. Перетворення гідроксильної спиртової функції на фтор.	2			Фторовмісні слабо координовані аніони для сучасних джерел струму, акумуляторів та суперконденсаторів.	6
Тема 5. Трифторометильна група як унікальний замісник.	2	Трифторометилування кетонів за допомогою трифторометилтриметил сілану	6	Стереоселективний синтез фторорганічних сполук.	6
Тема 6. Дифторокарбен та фторовмісні карбени, методи генерації.	2	Дифторометилування фенолу	6	Фізико-хімічні методи дослідження фторорганічних сполук. Використання ЯМР ¹⁹ F, ¹ H, ¹³ C для встановлення будови. Шкала ЯМР ¹⁹ F для різних типів фторорганічних сполук.	5

Змістовний модуль 2. <i>Класи фторорганічних сполук та їх специфічні перетворення</i>					
Тема 7. Насичені фторовмісні сполуки. Фторовмісні радикали.	2			Фторовмісні угруповання за ліпофільністю.	3
Тема 8. Фторалкени та фторалкени. Ароматичні Флориди.	2			Трифторметил аніон, трифторметилування	5
Тема 9. Фторовані спирти, альдегіди та кетони.	2			Фторовмісні піридини для агропромисловості	4
Тема 10. Фторкарбоніві кислоти. Фторовмісні аміни.	2	Одержання аміду трифтороцтової кислоти	6	Фторовані похідні міді та цинку	5
Тема 11. Сірковмісні фторорганічні сполуки.	2			Паладій у синтезі фторовмісних сполук	5
Тема 12. Металоорганічні фторовмісні сполуки та реагенти.	2	Відпрацювання одержання трифторметил міді	6	Фторовані препарати медичного застосування	5
Тема 13. Біологічно активні фторовмісні сполуки та лікарські засоби	2			Фторовмісні пестициди	3
	26		30		60

Науково-педагогічний працівник  д.х.н., проф. Ю.Л. Ягупольський

ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

1. Фторовані алкани, доступні фреони (галони), застосування
2. Ненасичені фторовмісні сполуки, реакції з нуклеофілами
3. Фторовмісні радикали, реакційна здатність
4. Фторовмісні карбаніони, генерація, реакції заміщення
5. Фторовані спирти, перфторалкоголяти
6. Альдегіди, кетони та кислоти у хімії фтору
7. Ароматичні фториди. Реакція Бальца-Шимана
8. Металоорганічні фторовмісні сполуки та реагенти
9. Сірковмісні фторовані сполуки, трифторометилтіо похідні
10. Фторовмісні замісники для модифікації властивостей молекул
11. Фториди у нуклеофільних реакціях заміщення галогену. Реакція Свартса
12. Чотирьохфториста сірка як реагент
13. Модифікації чотирьохфтористої сірки як реагенти
14. Перфторалкіл йодиди у радикальних перетвореннях
15. Біологічно активні фторорганічні речовини
16. Трифторометилтриметил сілан у реакціях нуклеофільного трифторометилування
17. Методи та реагенти електрофільного перфторалкілювання.
18. Заміщення гідрокси групи на фтор. ФАР реагенти
19. Пряме фторування елементним фтором та N-F реагенти
20. Трифторометил мідь як реагент