

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра органической и
аналитической химии
(ОиАХ_ХМФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра органической и
аналитической химии
(ОиАХ_ХМФ)

наименование кафедры

профессор Б.Н. Кузнецов

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
ХИМИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ**

Дисциплина Б1.В.01.08 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
Химия гетероциклических соединений

Направление подготовки / 04.04.01 Химия, магистерская программа
специальность 04.04.01.02 Аналитическая химия

Направленность
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

040000 «ХИМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 04.04.01 Химия, магистерская программа 04.04.01.02

Аналитическая химия

Программу
составили

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

изучение строения, методов синтеза, химических свойств и биологических функций гетероциклических соединений; формирование у студентов знаний и умений, позволяющих планировать синтезы различных гетероциклических соединений

1.2 Задачи изучения дисциплины

вопросах номенклатуры, стереохимии, методах гетероциклизации и главных классах гетероциклических соединений, на примере знание гетероароматических соединений, закономерностей изменения их реакционной способности, на основе детального анализа фундаментальных физико-химических характеристик гетероциклов уметь интерпретировать их реакционную способность.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПК-1н:Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Методы анализа нефтепродуктов

Молекулярный дизайн

Молекулярный дизайн

Органическая химия

Спектроскопические методы анализа

Физическая химия

Химия и технология древесины

Химия и технология угля

Прикладной химический анализ

Актуальные задачи современной химии

преддипломная практика

Современная химия и химическая безопасность

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		3
Общая трудоемкость дисциплины	3 (108)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	1,5 (54)	1,5 (54)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1 (36)	1 (36)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,5 (54)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Краткая история химии гетероциклов. Ароматичность и правило Хюккеля	4	6	0	0	
2	Концепция п-избыточности и п-дефицитности. Общая характеристика шестичленных гетероаренов	4	6	0	0	
3	Общие закономерности влияния заместителей. Присоединение нуклеофилов к нейтральным гетероциклам	2	12	0	0	
4	Реакции раскрытия цикла и рециклизация. Основность пиридинов, азинов и их бензпроизводных. Шестичленные гетарены	2	12	0	0	

5	Общая характеристика пятичленных гетаренов Реакции с пятичленных гетаренов с электрофилами	2	0	0	0	
6	Раскрытие пятичленного цикла под действием нуклеофильных агентов. Пятичленные гетарены как диены	2	0	0	0	
7	Общая характеристика азолов. Влияние аза замещения и бензаннелирование	1	0	0	0	
8	Легкость раскрытия цикла в катионах азолиев. Реакции азолов с электрофилами	1	0	0	54	
Всего		18	36	0	54	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>Краткая история химии гетероциклов. Условность выделения в отдельную главу. Преимущественное значение азота, кислорода и серы как гетероатома. Классификация гетероциклов: по размеру цикла, по гетероатомам, по их числу и взаимному расположению в цикле. Номенклатура гетероциклов: тривиальные названия; система Ганча-Бильдмана и номенклатура ИЮПАК; заместительная номенклатура. Номенклатура аннелированных циклов.</p>	2	2	0
---	---	---	---	---	---

2	1	<p>Ароматичность и правило Хюккеля; метод МОХ и его применение для анализа ароматичности π-систем.</p> <p>Гетероароматичность, гетероатомы пиррольного и пиридинового типа; исключения, показывающие условность такого деления.</p> <p>Ароматичность систем с конденсированными и пери-конденсированными циклами (индолизин, хинолизиний, перимидин, циклазины).</p> <p>Ароматичность гетероаннуленов и сиднонов.</p> <p>Антиароматические системы. Качественные и количественные критерии ароматичности: структурные, магнитные, энергетические и химические критерии. Шкалы ароматичности гетероаренов.</p> <p>Пиридоны, пироны и их аналоги. N-Окиси пиридина и его аналогов; илиды и мезионные системы, 1,3- и 1,4-диполи; ангидрооснования.</p> <p>Антиароматические шестичленные гетероциклы. насыщенных гетероциклах (малые циклы, макроциклические соединения); нахождение в природе; использование в органическом синтезе.</p>	2	2	0
---	---	--	---	---	---

3	2	<p>Концепция п-избыточности и п-дефицитности гетероаренов (Альберти). Достоинства и недостатки концепции; общая и локальная п-избыточность и п-дефицитность; п-амфотерность (Пожарский); примеры соответствующих гетероароматических систем.</p>	2	2	0
4	2	<p>Общая характеристика электронного строения, ароматичности и реакционной способности шестичленных гетероаренов. Пиридин, азины и бензазины. Катионы пиридиния, пириллия и тиапириллия и их бензпроизводные. Пиридоны, пироны и их аналоги. N-Окиси пиридина и его аналогов; илиды и мезионные системы, 1,3- и 1,4-диполи; ангидрооснования. Антиароматические шестичленные гетероциклы.</p>	2	1	0

5	3	<p>Общие закономерности передачи влияния заместителей в ядре пиридина; различие в свойствах заместителей в альфа-, бета- и гамма-положениях пиридина. Таутомерия замещенных пиридинов: влияние природы альфа-, бета- и гамма- заместителя (ОН□, NH2□, SH□, СН3- групп) на положение таутомерного равновесия. Эффект аза-замещения (на примере природных оксипиримидинов)</p>	1	0	0
---	---	--	---	---	---

6	3	<p>Реакции с нуклеофилами. Присоединение нуклеофилов к нейтральным гетероциклам: образование анионных сигма- комплексов (динитропиридины), ковалентная гидратация (птеридины). Присоединение нуклеофилов к гетероциклическим катионам: образование псевдооснований; соединения Рейссерта. Гетарилирование. Проблема альфа-, гамма-селективности. Типы механизмов нуклеофильного замещения в ряду пиридина и его аналогов: SN2Ar и SNH, EA и AE, кинетическое и термическое замещение, SN-ANRORC. Примеры реакций нуклеофильного замещения галогена, нитро- и гидроксильной групп. Традиционный механизм SN2Ar. Сравнительная активность хлорпроизводных (в ряду пиридин, пиридиний, бензол, нитробензол).</p>	1	0	0
---	---	---	---	---	---

7	4	<p>Реакции раскрытия цикла и рециклизация. Гидролитическая нестабильность азинов. Расщепление пиридинового цикла под действием щелочи и аминов. Гидролиз солей пириллия и тиапириллия. Нуклеофильное замещение, сопровождаемое рециклизацией; конкуренция процессов SNANRORC и SN2Ag. Молекулярные перегруппировки, протекающие по механизму ANRORC. Перегруппировка Димрота и ее аналоги (Кост, Сагитуллин); перегруппировки в аннелированных системах. Реакции рециклизации с включением фрагмента нуклеофила: трансформация пириллиевых солей в производные пиридина и бензола. Рециклизация пиридинов, пиримидинов, триазинов и их солей. Рециклизация с расширением и сужением цикла. Индолы из солей нитропиридиния.</p>	1	0	0
---	---	--	---	---	---

8	4	<p>Реакции с электрофилами. Основность пиридинов, азинов и их бензпроизводных; влияние заместителей. Азины как основания Льюиса. Электрофильная атака по атому азота: типы электрофилов, влияние заместителей, стерические факторы; селективность атаки в несимметричных бензазинах. Комплексы пиридина с электрофилами как мягкие электрофильные агенты. Электрофильное замещение в пиридиновом ядре: ориентация; примеры реакций, протекающих по механизму S_NAr. Факторы, сохраняющие протекание реакций (пи - дефицитность, протонирование субстрата, координация с электрофилом) и их нивелирование (введение активирующих легко удаляемых групп, катализ солями металлов).</p>	1	0	0
---	---	--	---	---	---

9	5	<p>п-Избыточные-системы: пятичленные гетарены Общая характеристика электронного строения, ароматичности и реакционной способности пятичленных гетаренов; сравнение с винильными аналогами и насыщенными циклами. Пиррол и его бензпроизводные: индол, изоиндол, индолизин, карбазол. Фуран, тиофен, селенофен и их бензопроизводные. Порфирин и фталоцианин. п-Комплексы.</p>	1	0	0
---	---	---	---	---	---

10	5	<p>Реакции с электрофилами. Протонирование. Стабильные катионные сигма- комплексы в ряду индола, индолизина тиофена, алкилпирролов. Сравнительная основность гетероатома, альфа- и бета-положений; закономерности кислотного дейтерообмена, корреляция с основностью. Ацидофобность фурана и пиррола. Влияние заместителей на направление протонирования: ипсо-комплексы, протодефункционализация . Электрофильное присоединение; аналогия с енаминами и виниловыми эфирами. Аномальное алкилирование по гетероатому (тиофен, карбозол). Образование сигма- комплексов Уэланда при алкилировании (пиррол, индол, индолизин, тиофен); альфа-, бета-селективность. Перегруппировки в сигма-комплексах тиофена и индола. Электрофильное замещение. Общие закономерности. Проблема альфа-, бета-селективности: индексы реакционной способности, влияние природы гетероатома, бензаннелирования (примеры инверсии селективности). Нетрадиционные механизмы. С-электрофилы: алкилирование, ацилирование. реакция</p>	1	0	0
----	---	--	---	---	---

11	6	<p>Реакции с нуклеофилами. Нуклеофильное замещение в ядре, боковой цепи и аннелированных циклах. Раскрытие пятичленного цикла под действием нуклеофильных агентов. Реакции рециклизации с включением нуклеофила: реакция типа Юрьева. ANRORC-процессы: молекулярные перегруппировки в ряду фурана, пиррола, индола и тиофена.</p>	1	0	0
12	6	<p>Реакции циклоприсоединения: пятичленные гетарены как диены; роль ароматичности и влияния природы гетероатома; конкуренция циклоприсоединения и нуклеофильного присоединения. Присоединение карбенов: реакция расширения цикла. Реакция окисления и восстановления пятичленных гетероциклов. Десульфуризация производных тиофена.</p>	1	0	0
13	7	<p>Азолы и конденсированные азолоазины. Общая характеристика: электронное строение и реакционная способность.</p>	1	0	0

14	8	<p>Реакции с нуклеофилами. Сравнение с азинами. Реакции с основаниями. Кислотные свойства имидазола (сравнение с пирролом). Легкость раскрытия цикла в катионах азолиев и СН. Реакции с электрофилами. Сравнение с азинами и пятичленными \square соединениями.</p>	1	0	0
Всего			18	7	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	насыщенных гетероциклах (малые циклы, макроциклические соединения); нахождение в природе; использование в органическом синтезе.	6	0	0
2	2	Пиридоны, пироны и их аналоги. N-Окиси пиридина и его аналогов; илиды и мезионные системы, 1,3- и 1,4-диполи; ангидрооснования. Антиароматические шестичленные гетероциклы.	6	0	0

3	3	<p>Кислотный катализ. Влияние заместителей (в т. ч. аза-замещение и бензаннелирование). Замещение с отщеплением заместителя у соседнего и более отдаленных атомов (кине- и теле-замещение); элиминирование группы у атома азота. Реакция Чичибабина.</p> <p>Селективность и легкость протекания реакции в ряду азинов. Замещение с отщеплением заместителя у соседнего и более отдаленных атомов (кине- и теле-замещение); элиминирование группы у атома азота. Реакция Чичибабина.</p> <p>Селективность и легкость протекания реакции в ряду азинов.</p>	12	0	0
4	4	<p>Влияние аза- замещения и бензаннелирования. □ - Окись пиридина в реакциях с электрофилами; проблема селективности. Электрофильная атака по функциональной группе. Проблема селективности в реакциях пиридонов и аминопиридинов. Амино-, окси- и алкилпиридины: кислотность, конденсация с карбонильными соединениями, амбидентные свойства анионов. Электрофильное замещение в бензольном кольце</p>	12	0	0
Итого			24	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№	№	Наименование занятий	Объем в акад. часах
---	---	----------------------	---------------------

п/п	раздела дисциплины		Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Результаты					

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Березин Д. Б., Шухто О. В., Сырбу С. А., Койфман О. И.	Органическая химия. Базовый курс: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Химическая технология» и «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»	Санкт-Петербург: Лань, 2014
Л1.2	Мокрушин В. С., Садчикова Е. В.	Химия гетероциклических диазосоединений: [монография]	Санкт-Петербург: Проспект науки, 2013
Л1.3	Травень В.Ф.	Органическая химия : учебное пособие для вузов : в 3 ч. - 3-е изд. (эл.): учебное электронное издание	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний., 2013
Л1.4	Реутов О. А.	Органическая химия. В 4 ч. - 6-е изд. (эл.): учебное электронное издание	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний., 2014
Л1.5	Васильева Н. Ю.	Органическая химия и основы биохимии: учеб.-метод. комплекс [для студентов напр. 240403.65 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»]	Красноярск: СФУ, 2014

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Химия ароматических гетероциклических соединений	http://www.chem.msu.su/rus/teaching/urovskaja/getero.pdf
----	--	---

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Учебные занятия по дисциплине проводятся в виде лекций и самостоятельной работы.

Лекции носят установочно-фундаментальный характер, направленный на изучение обучающимися соответствующей темы и содержат основные положения вопросов, составляющих сущность темы, содержат рекомендации по более глубокому самостоятельному изучению темы с помощью литературных источников. На лекциях ясно видна логическая связь изучаемой темы и смежных дисциплин.

Самостоятельная работа реализуется через изучение теоретического материала по литературе, рекомендуемой лектором после каждой лекции и защите лабораторных работ. Промежуточный контроль проводится после изучения ключевых тем, в форме собеседования. Организационно промежуточный контроль регулируется в форме выдачи заданий на аудиторных занятиях и контрольных вопросов.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	Microsoft Office Professional Plus 2007.
9.1.2	Приложения ChemOffice Ultra 11 - пакет утилит для химиков, таких как: ChemDraw, Chem3D, ChemFinder, ChemACX

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	
9.2.2	1. Научная электронная Библиотека. - Режим доступа: http://elibrary.ru/ .
9.2.3	2. Американское химическое общество. – Режим доступа: http://www.acs.org .
9.2.4	3. EBSCO Journals (компания EBSCO Publishing) – электронные журналы.- Режим доступа: http://search.ebscohost.com .
9.2.5	4. Cambridge University Press. Журналов издательств Cambridge University Press. – Режим доступа: http://www.journals.cambridge.org .
9.2.6	5. Royal Society of Chemistry. – Режим доступа: http://www.rsc.org .
9.2.7	6. Журналы издательства Elsevier.- Режим доступа: http://www.sciencedirect.com .

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для чтения лекций используется аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в учебной аудитории с доской. Для самостоятельной работы студенты могут использовать читальные залы научной библиотеки СФУ, включая электронные ресурсы.