

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
И.о. декана
А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

Органическая химия

по направлению подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:
Аналитическая химия (Analytical chemistry)

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2022

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
Ю.Г. Слизов

Председатель УМК
В.В. Шелковников

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК 1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК 1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК 2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК 2.2 Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.

ИОПК 2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИПК 2.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).

ИПК 2.2 Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить классификацию, структуры, изомерию и номенклатуру, классы органических веществ, их свойства и реакционную способность.

– Научиться планировать и проводить органический синтез, применять методы очистки, простейшей идентификации и анализа чистоты полученного продукта.

– Получить базовые знания по важнейшим приемам синтеза, а также инструментальным методам физико-химического анализа органических соединений, которые будет возможно применять после освоения дополнительных специальных компетенций.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, экзамен

Четвертый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: неорганическая химия, аналитическая химия, математический анализ, физика и строение вещества.

6. Язык реализации

Английский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 15 з.е., 540 часов, из которых:

-лекции: 88 ч.

-лабораторные: 128 ч.

-практические занятия: 64 ч.

в том числе практическая подготовка: 192 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ.

Органическая химия и ее место среди других химических дисциплин, связь с другими науками. Органические соединения в природе.

Состав и строение органических соединений. Структурные формулы. Гомология. Изомерия. Принципы рациональной номенклатуры и заместительной номенклатуры ИЮПАК.

Типы химических связей в органических соединениях. Физические характеристики связей: энергия, длина, полярность, поляризуемость.

Тема 2. АЛКАНЫ.

Природа C-C и C-H связей, sp^3 -гибридизация атома углерода. Понятие о конформациях алканов. Конформации этана, пропана и бутана. Проекционные формулы Ньюмена. Энергетическая диаграмма конформационного состояния молекулы алкана.

Природные источники алканов. Методы синтеза алканов из алкенов, алкинов, алкилгалогенидов, металлоорганических соединений, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Химические свойства алканов.

Тема 3. ЦИКЛОАЛКАНЫ (АЛИЦИКЛЫ) И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ.

Классификация алициклов. Энергия напряжения в алициклах и ее количественная оценка на основании сравнения теплот образования и теплот сгорания циклоалканов и соответствующих алканов. Типы напряжения в циклоалканах (угловое, торсионное, трансаннулярное) и подразделение алициклов на малые, средние и макроциклы.

Тема 4. АЛКЕНЫ и АЛКАДИЕНЫ.

Природа двойной углерод-углеродной связи, sp^2 -гибридизация атома углерода. Геометрическая изомерия. Цис-, транс- и Z-, E-номенклатура. Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Методы синтеза алкенов из алкилгалогенидов и спиртов. Химические свойства алкенов и диенов. Типы диенов. Сравнение устойчивости диенов разных типов.

Тема 5. АЛКИНЫ.

Природа тройной связи, sp -гибридизация. Методы синтеза алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Галогенирование и гидрогалогенирование алкинов. Механизм и стереохимия реакции. Восстановление алкинов до цис- и транс-

алкенов. Гидратация алкинов. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях электрофильного присоединения. Нуклеофильное присоединение спиртов, синтез виниловых эфиров.

Тема 6. АРОМАТИЧНОСТЬ. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ.

Строение бензола. Формула Кекуле. Современные представления о строении бензола. Молекулярные орбитали бензола. Аннулены. Аннулены ароматические и неароматические. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля для простых моноциклических аннуленов. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен, азулен. Гетероциклические пяти- и шестичленные ароматические соединения (пиррол, фуран, тиофен, пиридин) и их бензо-производные

Тема 7. РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В АРОМАТИЧЕСКОМ РЯДУ.

Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения, кинетический изотопный эффект. Представление о s- и p-комплексах. Нитрование ароматических соединений. Сульфирование ароматических соединений. Галогенирование (хлорирование и бромирование) бензола и замещенных производных бензола. Галогенирующие агенты. Галогенирование конденсированных аренов и бифенила. Реакции алкилирования и ацилирования аренов по Фриделю-Крафтсу.

Тема 8. НУКЛЕОФИЛЬНОЕ АРОМАТИЧЕСКОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ.

Общие представления о механизме ароматического нуклеофильного замещения. Механизм присоединения-отщепления (S_NAr). Примеры S_NAr реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные s-комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_NAr реакций в органическом синтезе.

Тема 9. ГАЛОГЕНАЛКАНЫ, НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ У НАСЫЩЕННОГО АТОМА УГЛЕРОДА.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода как метод создания связей углерод-углерод, углерод-галоген, углерод-азот. Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (S_N1- и S_N2-механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизмов. Зависимость механизма реакции от структуры исходного соединения. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность реагента. Принцип ЖМКО. Роль растворителя в S_N1- и S_N2-процессах. Методы синтеза алкилгалогенидов (алкилхлоридов, бромидов, иодидов и фторидов) из спиртов, алкенов, алканов, других алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др.

Тема 10. РЕАКЦИИ ЭЛИМИНИРОВАНИЯ.

Реакции b-элиминирования. Классификация механизмов b-элиминирования.

Тема 11. МЕТАЛЛОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Литий- и магнийорганические соединения, их получение из органогалогенидов и металла. Получение литийорганических соединений реакцией органогалогенидов и оловоорганических соединений с литийалкилами. Замещение атома водорода органических субстратов на литий (реакция металлизации). Реакции литий- и магнийорганических соединений с водой, кислородом, диоксидом углерода, альдегидами, кетонами, сложными эфирами, нитрилами, эпоксидами, орто-эфирами, третичными амидами.

Тема 12. СПИРТЫ И ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ.

Одноатомные спирты. Методы их получения и химические свойства. Замещение гидроксильной группы спиртов, нуклеофильные свойства спиртов. Получение и использование эфиров неорганических кислот (серной и фосфористой) в органическом синтезе. Окисление первичных и вторичных спиртов. Двухатомные спирты. Простые эфиры. Методы синтеза и химические свойства спиртов.

Тема 13. ФЕНОЛЫ.

Строение, номенклатура, химические свойства и способы получения фенолов. Кислотные свойства фенолов и фенолы, как амбидентные нуклеофилы. Реакции конденсации фенолов.

Тема 14. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ.

Методы синтеза альдегидов и кетонов из алкенов (озонолиз), алкинов (гидроборирование, реакция Кучерова), спиртов (окисление) и производных карбоновых кислот (на основе металлоорганических соединений). Пиролиз солей карбоновых кислот. Гидроформилирование алкенов. Ацилирование и формилирование аренов. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов и тиолов (кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы. Кето-енольная таутомерия 1,3-дикетонов и 1,3-кетозэфиров на примере ацетилацетона и ацетоуксусного эфира. Нитрозирование кетонов и реакция с диоксидом селена. Альдольная конденсация, ее механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами.

Тема 15. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ.

Получение карбоновых кислот окислением спиртов, альдегидов, алкенов, алкилбензолов. Гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот. Синтезы на основе металлоорганических соединений. Синтезы на основе малонового эфира. Промышленное получение муравьиной и уксусной кислот. Строение карбоксильной группы. Образование ассоциатов. Диссоциация карбоновых кислот, зависимость константы диссоциации от природы заместителей. Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм). Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Промышленные методы получения фталевой и терефталевой кислот, фталевого ангидрида.

Тема 16. НИТРОСОЕДИНЕНИЯ.

Алифатические и ароматические нитросоединения. Их получение из алкилгалогенидов (амбидентный характер нитрит-иона) и нитрованием аренов. Строение нитро-группы (мезомерия). CH -Кислотность. Восстановление в амины. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо-, гидразосоединения). Селективное восстановление нитрогруппы в динитроаренах. Бензидиновая перегруппировка.

Тема 17. АМИНЫ.

Классификация аминов. Методы получения: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, нитрилов. Перегруппировки амидов и азидов карбоновых кислот (Гофмана, Курциуса). Амины как основания. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование, формилирование.

Защита аминогруппы. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой.

Тема 18. ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ.

Ароматические диазосоединения. Реакции диазотирования первичных ароматических аминов. Условия диазотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей диазония. Тетрафторобораты и гексафторофосфаты арендиазония. Стабильные ковалентные формы диазосоединений. Кислотно-основные равновесия с участием катиона арендиазония. Реакции ароматических диазосоединений с выделением азота и без выделения азота.

Тема 19. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Классификация гетероциклов, их роль в природе и в различных областях производства.

Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом: фуран, тиофен, пиррол. Ароматичность гетероциклов. Реакции электрофильного замещения в ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу.

Тема 20. ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Моносахариды. Классификация и стереохимия. Тетрозы, пентозы и гексозы. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз в проекциях Фишера и Хеуорса. Глюкоза. Циклические полуацетальные формы глюкозы: глюкопиранозы и –фуранозы. Аномеры. Мутаротация.

Дисахариды на примерах мальтозы, целлобиозы и фруктозы. Полисахариды: крахмал, целлюлоза, хитин. Понятие о строении этих биополимеров.

Аминокислоты, пептиды, белки. Строение, номенклатура, основные химические свойства, кислотность карбоксильной группы и основность аминогруппы. Пептидная связь. Пептиды и полипептиды, белки. Уровни структурной организации белков. Твердофазный пептидный синтез (SPPS), защитные группировки, активирующие группировки.

Нуклеиновые кислоты. Строение и уровни структурной организации нуклеиновых кислот. Функции нуклеиновых кислот в организме.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет содержит 17 теоретических вопросов с 5 вариантами ответов на выбор, из которых только один правильный. Продолжительность экзамена 1 час 40 мин.

Экзамен в четвертом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет содержит 12 теоретических вопросов с 5 вариантами ответов на выбор, из которых только один правильный. Продолжительность экзамена 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=30130>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
- Шабаров Ю. С. Органическая химия. М. : Лань, – 2011.
 - Реутов О. А. Органическая химия Ч. 1-4. [учебник для вузов по направлению и специальности “Химия”]. М. : БИНОМ. Лаб. знаний. – 2004, 2007.
 - Шабаров Ю. С. Органическая химия. М. : Химия, – 1994.
 - Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М. : Химия, – 1991
 - Терней А. Современная органическая химия. М. : Мир, – 1981.
- б) дополнительная литература:
- Clayden J., Greeves N., Warren S., Wothers P. Organic chemistry. 1st edition Oxford University Press August 31, – 2000
 - Carey F., Sundberg R. Advanced Organic Chemistry. Part A. Structure and Mechanisms (4ed.) Kluwer – 2000.
 - Carey F., Sundberg R. Advanced Organic Chemistry. Part B. Reactions and Synthesis (4ed.) Kluwer – 2000.
 - Smith M.B., March J. March's advanced organic chemistry (5ed.) Wiley – 2001.
- в) ресурсы сети Интернет:
- <https://www.khanacademy.org/science/organic-chemistry> - лекции по органической химии онлайн (англ.)
 - <http://ido.tsu.ru/schools/chem/lib/chem/umk/org/index.php> - УМК «Органическая химия» для школы «Юный Химик» и студентов химических и нехимических специальностей ТГУ
 - <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/org.html> - учебные материалы по органической химии МГУ

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- | | | |
|---|-----|---|
| – Электронный каталог Научной библиотеки | ТГУ | – |
| http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system | | |
| – Электронная библиотека (репозиторий) | ТГУ | – |
| http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index | | |
| – ЭБС Лань – http://e.lanbook.com/ | | |
| – ЭБС Консультант студента – http://www.studentlibrary.ru/ | | |
| – Образовательная платформа Юрайт – https://urait.ru/ | | |

- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Хасанов Виктор Вазикович, канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры органической химии Национального исследовательского Томского государственного университета.