

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Кафедра химических технологий

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению  
18.03.01 «Химическая технология»**

Владимир – 2016 г.

Данные методические указания включают рекомендации по содержанию и выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Органическая химия» для студентов направления 18.03.01. «Химическая технология» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.01. «Химическая технология», рабочей программы дисциплины «Органическая химия».

Рассмотрены и одобрены на  
заседании УМК направления

18.03.01 «Химическая технология»

Протокол №1 от 5.09.2016 г.

**Рукописный фонд кафедры ХТ ВлГУ**

## **Общая схема самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студента (СРС) – важнейшая составляющая образовательного процесса, определяющая в конечном итоге степень усвоения студентом теоретического материала. В процессе освоения курса «Органическая химия» СРС заключается в следующем:

1. Подготовка к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы.
2. Изучение некоторых разделов курса (помечены \* в тематическом плане), которые в лекционном курсе рассмотрены недостаточно полно. При этом используется рекомендованная литература.
3. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы (учебного пособия для выполнения лабораторных работ).
4. Подготовка к текущему контролю (решение задач). Варианты заданий представлены в рекомендованных сборниках задач.
5. Подготовка к промежуточному контролю с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточного контроля.

### **Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса дисциплины**

В состав учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД) входят следующие материалы, с которыми необходимо работать студенту:

Рабочая программа

Карта обеспеченности дисциплины основной и дополнительной литературой

Курс лекций

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Методические рекомендации по самостоятельной работе студента

Для эффективного использования материалов УМКД следует изучать их в следующей последовательности. С рабочей программой студент должен ознакомиться в начале изучения дисциплины для формирования общего представления об изучаемых темах и распределении времени по разделам курса и формам проведения занятий. Далее студент должен познакомиться с картой обеспеченности литературой для того, чтобы иметь представление о перечне литературы и ее наличии в библиотеке университета, в том числе в электронном ресурсе. Остальные материалы УМКД изучаются студентом параллельно с учебным процессом и в соответствии с рабочей программой курса.

## **Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины**

В рабочей программе дисциплины указано время, отведенное на СРС по каждому разделу. Студенту рекомендуется в соответствии с расписанием определить дни недели и продолжительность самостоятельных занятий, в которые он будет изучать данную дисциплину. В объеме времени самостоятельной работы, отведенном на изучение конкретного раздела предусмотреть:

1. на подготовку к лабораторным работам в среднем по 2 часа на каждую работу;
2. остальное время разбивается в соотношении 2/3 и распределяется на изучение теоретического материала (2) и решение задач (3)

Изучение теоретического материала рекомендуется проводить, разбив необходимые для рассмотрения вопросы на группы таким образом, чтобы изучать приблизительно равный объем материала за занятие (рекомендуется совмещать изучение теоретических вопросов с решением задач по данному разделу). Студенту необходимо спланировать самостоятельное изучение дисциплины и выполнение заданий с учетом своего свободного времени, индивидуальных особенностей и строго придерживаться графика СРС для успешного изучения дисциплины.

## **Описание последовательности действий студента, или «сценарий изучения дисциплины»**

Для достижения необходимых результатов образования необходимо:

- посещать аудиторные занятия в соответствии с расписанием;
- дополнять полученные на них знания самостоятельным изучением отдельных вопросов курса, контролируя себя решением задач по заданию преподавателя;
- самостоятельно изучать некоторые разделы дисциплины, которые на аудиторных занятиях не рассматриваются, контролируя себя решением задач по заданию преподавателя;
- регулярно готовиться к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам);
- в соответствии со своими возможностями заранее готовится к проведению текущего контроля знаний (тестам, контрольным работам, коллоквиумам), сроки проведения которых оговариваются преподавателем заранее;
- в соответствии со своими возможностями заранее готовится к промежуточному контролю по дисциплине.

### **Рекомендации по работе с литературой**

В первую очередь рекомендуется обеспечить себе доступ к учебникам и учебным пособиям в соответствии со списком учебно-методической литературы, представленным в рабочей программе и карте обеспеченности, в том числе к той литературе, которая находится в электронном ресурсе. Необходимо заранее ознакомиться с содержанием учебников и пособий, сопоставив его с тематическим планом курса.

Особое внимание следует обратить на источники, указанные как основные. Объем материала, представленный в основной литературе, достаточен для достижения необходимых результатов образования. Дополнительная литература рекомендуется для более глубокого усвоения отдельных вопросов и разделов курса

Можно использовать литературные источники, не указанные в перечне рекомендуемой литературы, но только в дополнение к нему.

### **Разъяснения по поводу работы с тестовой системой курса, по выполнению домашних заданий**

Тестовая система курса позволяет оперативно оценить уровень и глубину усвоения студентом теоретического материала курса. Это удобный способ осуществления текущего контроля результатов образования. Тестовые задания представляют собой набор вопросов по темам, изученным на аудиторных занятиях или самостоятельно. Вопрос может быть напрямую рассмотрен при изучении курса или предполагать размышления на основе полученных знаний и навыков. Тест включает вопросы, сформулированные по типу «выбора верного ответа» или ответов из предложенных вариантов, «установления соответствия», «выбора верного суждения», а также «эссе». Регулярная самостоятельная работа по изучению дисциплины есть неперемное и достаточное условие успешного прохождения тестирования студентом. Тестирование может проводиться как аудиторно, так и внеаудиторно (домашнее задание). В качестве домашних заданий могут быть даны задачи, подобранные в соответствии с определенной темой. Преподаватель проверяет правильность решения и корректирует ошибки студента.

### **Рекомендации по подготовке к промежуточной аттестации**

Основным этапом подготовки к промежуточной аттестации (экзамен, зачет) является успешное изучение теоретического курса, своевременное выполнение заданий на практических (лабораторных) занятиях, регулярная самостоятельная работа, в том числе по подготовке к текущему контролю (рекомендованные задания проверяют степень усвоения теоретического курса и даны ниже после каждого раздела). Все вышеизложенное позволяет

студенту получить высокий балл при проведении рейтинг-контроля знаний, который в соответствии с рейтинговой системой оценки знаний студентов учитывается при выставлении оценки на экзамене или получении зачета по дисциплине.

Подготовку к экзамену рекомендуется проводить по списку вопросов, который приведен в рабочей программе дисциплины. Студенту рекомендуется повторить материал курса в сроки, отведенные на подготовку к экзамену таким образом, чтобы к моменту проведения консультации перед экзаменом у него не осталось нерассмотренных вопросов. При этом должны быть к консультации подготовлены вопросы, вызвавшие затруднения при подготовке. В зависимости от индивидуальных способностей и особенностей, студенты могут готовиться к экзамену как индивидуально, так и в малых группах.

### **Разъяснения основных трудностей самостоятельной работы студента и пути их преодоления**

Любое аудиторное занятие заканчивается 3-5 минутным диалогом со студентами по вопросам изученных тем, которые остались непонятными по окончании занятия. Если затруднения (в том числе и нерешенные задачи) остаются после изучения лекционного материала, материала учебных пособий по данной теме, то они обсуждаются на индивидуальных и групповых консультациях по дисциплине, в том числе и предэкзаменационной консультации.

## Методические рекомендации по изучению теоретического материала курса

### Раздел 1. Введение. Основные понятия (баланс времени на изучение: ауд. 2 часа/СРС 4 часа)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС): Предмет органической химии. Причины выделения её в самостоятельную науку. Основные этапы развития органической химии как науки. Знание органической химии для формирования материалистических представлений в естествознании. Роль органической химии в развитии народного хозяйства России\*.

Теория химического строения А. М. Бутлерова. Классификация органических соединений: ряды, классы, функциональные группы. Понятие о гомологических рядах. Эмпирические, молекулярные, структурные формулы соединений. Структурная изомерия.

Типы химических связей в органических соединениях. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Понятие об индуктивном эффекте, эффекте сопряжения и гиперконъюгации.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить основные понятия органической химии, основные положения теории строения органических веществ, строение атома углерода, теорию образования связей в органических веществах и способы передачи влияния атомов в молекуле.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов неорганической химии: Строение атома, типы химических связей.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** химическое строение, номенклатура, гомолог и гомологический ряд, виды изомерии и изомеры, эмпирические, молекулярные, структурные формулы соединений, взаимное влияние атомов в молекулах, индуктивный эффект, эффект сопряжения и гиперконъюгации (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 1-3
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 7-64
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 23-118

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение основных понятий определений и теоретических положений органической химии.

### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Изложите основные положения теории строения органических веществ.
2. Что такое химическое строение, какие формулы его отражают.
3. Что такое изомеры, какие виды изомерии Вы знаете.
4. Что такое гомологи, гомологический ряд, общая формула.
5. Какие связи образуют органические вещества, дайте характеристику ковалентной связи.
6. Изложите теорию гибридизации.
7. Каким образом атомы и группы атомов влияют друг на друга.
8. Объясните механизм влияния посредством гиперконъюгации и сопряжения.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1. Стр. 5-11



## Раздел 2. Физические методы исследования в органической химии

(баланс времени на изучение: ауд. 0/СРС 12 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.

Электронная спектроскопия. Природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группировках, способ изображения УФ спектров. Спектры протонного магнитного резонанса. Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие.

Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить физические методы исследования в органической химии и практическое применение этих методов.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов неорганической химии: Строение атома, Типы химических связей; следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Теория строения органических соединений

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:**

инфракрасная спектроскопия, ИК-спектр, характеристические частоты поглощения, электронная спектроскопия, электронные переходы, хромофорные группировки, УФ спектры, протонный магнитный резонанс, химический сдвиг, интенсивность сигналов, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие, масс-спектрометрия. молекулярный ион, изотопный состав ионов, фрагментация важнейших классов органических соединений (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

**Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория

знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 144-211

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение основных понятий определений и теоретических положений органической химии.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Применение Инфракрасной спектроскопии для идентификации органических веществ
2. Применение Электронной спектроскопии для идентификации органических веществ
3. Применение ПМР для идентификации органических веществ
4. Применение масс-спектрометрии для идентификации органических веществ

### **Раздел 3. Стереохимия органических соединений (баланс времени на изучение: ауд. 0/СРС 8 часов)**

**Основные вопросы темы:** Оптическая активность органических соединений. Удельное вращение. Хиральность. Асимметрические атомы углерода. Энантиомеры и рацемические формы, их свойства. Способы изображения энантиомеров. Проекционные формулы Фишера: правила написания и использования. Конфигурация энантиомеров: относительная и абсолютная. D,L- и R,S-номенклатуры энантиомеров.

Зависимость числа изомеров от числа асимметрических атомов углерода. Stereoisomerism соединений с двумя асимметрическими центрами. Диастереомеры, мезоформы, их свойства. Эритро- и трео-формы. Способы расщепления рацемических форм. Роль оптически активных соединений в живой природе.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить явление стереоизомерии, его сущность, случаи возникновения, способы изображения стереоизомеров на плоскости, номенклатуру стереоизомеров, оптическую активность стереоизомеров, способы синтеза.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные теоретические положения органической химии, Теория строения органических соединений, Строение основных классов органических веществ.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** изомерия и изомеры, оптическая активность, оптические антиподы, хиральность, асимметрический атом, проекционные формулы Фишера, энантиомеры, рацемические формы, диастереомеры, мезоформы, эритро- и трео-формы (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 13
2. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 165-190

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение основных понятий определений и теоретических положений стереоизомерии, случаи возникновения оптической изомерии как одного из видов стереоизомерии, способы изображения стереоизомеров на плоскости, номенклатуру стереоизомеров, практическую значимость оптической активности стереоизомеров, способы синтеза и разделения оптических изомеров.

### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Что такое стереоизомерия, какие виды ее вы знаете.
2. Как проявляется оптическая активность органических соединений, с помощью какого прибора ее можно наблюдать и изучать.
3. Что такое асимметрические атомы углерода, приведите примеры соединений, содержащих их.
4. Зависимость числа изомеров от числа асимметрических атомов углерода.
5. Что такое оптические антиподы и энантиомеры.
6. Правила построения проекционных формул Фишера.
7. Конфигурация энантиомеров: относительная и абсолютная, D,L- и R,S-номенклатуры энантиомеров.
8. Диастереомеры, мезоформы, их свойства.
9. Эритро- и трео-формы.
10. Рацематы и способы расщепления рацемических форм.
11. Роль оптически активных соединений в живой природе.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1. Стр. 5-16

## Раздел 4. Углеводороды. Алканы

(баланс времени на изучение: ауд. 5 часов/СРС 4 часа)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Гомологический ряд алканов. Общая формула. Изомерия. Первичный, вторичный и третичный атомы углерода. Номенклатура: рациональная\* и систематическая. Алкильные радикалы, их названия.

Природные источники алканов: нефть, природный газ\*.

Промышленные методы получения: синтез из оксида углерода и водорода, крекинг нефти, гидрирование ненасыщенных соединений.

Лабораторные способы получения: из галогеналканов (реакция Вюрца), из карбоновых кислот.

Строение алканов:  $sp^3$ -состояние атома углерода. Тетраэдрическая модель молекулы метана. Валентные углы. Характеристика связей С - С и С - Н (длина, энергия, полярность и поляризуемость). Закономерности их изменения внутри класса.

Химические свойства: общая характеристика химических свойств.

Реакции замещения. Галогенирование. Свободнорадикальный цепной механизм реакций галогенирования. Ориентация при галогенировании. Связь между строением углеводородов и их реакционной способностью. Устойчивость радикалов. Нитрование алканов. Реакции с разрывом связей С - С. Крекинг и пиролиз. Окисление алканов.

Применение: использование алканов в органическом синтезе\*. Насыщенные углеводороды как топливо\*.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства предельных углеводородов, изучить механизм радикального замещения.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** гомологический ряд, общая формула, изомерия, первичный, вторичный и третичный атомы углерода, номенклатура рациональная\* и систематическая, алкильные радикалы,  $sp^3$  -

состояние атома углерода, тетраэдрическая модель молекулы метана, валентные углы, характеристика связей С–С и С–Н, механизм радикального замещения, крекинг и пиролиз (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 4
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 65-79
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 121-160.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств алканов, их практическое применение как компонентов органического синтеза; усвоение механизма радикального замещения

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Алканы: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Механизм радикального замещения на примере одного из представителей алканов.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1. Стр. 16-20.

## Раздел 4. Углеводороды. Алкены

(баланс времени на изучение: ауд. 4 часа/СРС 4 часа)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Гомологический ряд. Общая формула. Структурная изомерия. Номенклатура рациональная\* и систематическая.

Способы получения: из алканов, из спиртов, из галогеналканов, из алкинов.

Строение:  $sp^2$ -состояние атома углерода. Квантово-химическая трактовка образования двойной связи.  $\pi$ -связь. Характеристика двойной связи (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Геометрическая (цис-, транс-) изомерия алкенов. Физические свойства\*.

Химические свойства: каталитическое гидрирование. Реакции электрофильного присоединения галогенов, галогеноводородов, серной кислоты, воды. Механизм этих реакций. Направление реакций присоединения кислот к несимметричным алкенам. Правило Марковникова, его современное объяснение. Строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов.

Реакции радикального присоединения галогенов и бромоводорода. Перекисный эффект Караша, его объяснение.

Реакции аллильного хлорирования и бромирования. Строение и относительная устойчивость радикалов аллильного типа. Окисление алкенов с образованием эпоксисоединений, с разрывом углеродных цепей. Озонолиз.

Понятие о полимеризации алкенов. Мономеры, олигомеры\*, полимеры. Значение полимерных материалов для народного хозяйства\*. Применение алкенов в органическом синтезе\*.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства алкенов; изучить механизм электрофильного присоединения.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алканы.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** гомологический ряд, общая формула, номенклатура рациональная\* и систематическая,  $sp^2$ -состояние атома углерода,  $\pi$  – связь, характеристика двойной связи (длина, энергия, полярность, поляризуемость), геометрическая (цис-, транс-) изомерия алкенов, механизм электрофильного присоединения, строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов, реакции аллильного хлорирования и бромирования, полимеризация (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 5
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 85-95
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 223-296.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств алкенов, усвоение механизма электрофильного присоединения

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Алкены: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Механизм электрофильного присоединения на примере одного из представителей алкенов.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 20



## Раздел 4. Углеводороды. Диены

(баланс времени на изучение: ауд. 3 часа/СРС 6 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура.

Три типа алкадиенов: с изолированными, кумулированными и сопряжёнными двойными связями.

Углеводороды с сопряжёнными двойными связями: способы получения дивинила из спирта, из 1,4-бутандиола, из нефтяных газов. Получение изопрена.

Строение алкадиенов с сопряжёнными двойными связями: энергия сопряжения, её величина. Характеристика связей (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Физические свойства\*.

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и радикального присоединения сопряжённых алкадиенов (1,2- и 1,4- присоединение). Мезомерный карбокатион, его строение и относительная устойчивость. Кинетический и термодинамический контроль реакций электрофильного присоединения. Реакционная способность сопряжённых алкадиенов.

Окисление и озонолиз. Каталитическое гидрирование и восстановление химическими восстановителями. Реакции полимеризации и сополимеризации. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках\*.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства диеновых углеводородов; изучить механизм электрофильного присоединения 1,2 – 1,4.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алкены.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** гомологический ряд, общая формула, номенклатура рациональная\* и систематическая,  $sp^2$ -состояние атома углерода,  $\pi$  – связь, характеристика двойной связи (длина, энергия, полярность, поляризуемость), геометрическая (цис-, транс-) изомерия диенов, механизм электрофильного присоединения 1,2 –1,4, кинетически контролируемый продукт реакции,

термодинамически контролируемый продукт реакции, строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов аллильного типа, полимеризация (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 5
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 96-103
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 328-359.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств алкадиенов, усвоение механизма электрофильного присоединения 1,2–1,4.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

3. Алкадиены: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
4. Механизм 1,2–1,4 присоединения на примере одного из представителей сопряженных диенов.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 20

## Раздел 4. Углеводороды. Алкины

(баланс времени на изучение: ауд. 3 часа/СРС 4 часа)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура рациональная\* и систематическая..

Способы получения. Промышленные способы получения ацетилена: из карбида кальция, из метана. Лабораторные способы получения: из дигалогеналканов, из ацетиленидов.

Строение.  $sp$ - состояние атома углерода. Квантово-химическая трактовка тройной связи, её геометрия и характеристика (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Физические свойства\*.

Химические свойства. Кислотные свойства алкинов с концевой тройной связью. Ацетилениды, строение, применение. Гидрирование алкинов: частичное и полное. Реакции присоединения. Электрофильное присоединение галогенов и галогеноводородов, направление реакций и стереохимия. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях присоединения\*. Нуклеофильное присоединение спиртов. Гидратация алкинов по М. Г. Кучерову. Присоединение кислот и циановодорода (реакции винилирования).

Полимеризация ацетилена (винилацетилен, дивинилацетилен, хлоропрен). Промышленные синтезы на основе ацетилена\*.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства ацетиленовых углеводородов; изучить механизм нуклеофильного присоединения.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алкены.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** гомологический ряд, общая формула, номенклатура рациональная\* и систематическая,  $sp$ -состояние атома углерода,  $\pi$  – связь, характеристика тройной связи (длина, энергия, полярность, поляризуемость), механизм нуклеофильного присоединения, полимеризация

(понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 5
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 104-116
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 296-325.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств алкинов, усвоение механизма нуклеофильного присоединения.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Алкины: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Механизм нуклеофильного присоединения на примере одного из представителей алкинов.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 20

## Раздел 4. Углеводороды. Алициклические углеводороды (баланс времени на изучение: ауд. 4 часа/СРС 6 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Классификация и изомерия алициклических соединений. Номенклатура. Алициклические соединения в природе. Нефть как источник циклоалканов.

Способы получения. Циклизация дигалогеноалканов, дикарбоновых кислот и их солей, синтезы с помощью малонового эфира, внутримолекулярная сложноэфирная конденсация, гидрирование ароматических соединений, дегидроциклизация алканов. Получение алициклических соединений циклизацией непредельных соединений.

Диеновый синтез. Диены и диенофилы, их реакционная способность.

Строение циклоалканов. Характер углерод-углеродных связей в молекуле циклопропана (банановые связи). Строение циклобутана и циклопентана, типы напряжений, конформации. Конформации циклогексана, экваториальные и аксиальные связи, конформации замещённых циклогексанов. Цис-транс- и оптическая изомерия алициклических соединений.

Физические свойства.

Химические свойства. Гидрирование и окисление. Действие галогенов, галогеноводородов и минеральных кислот. Связь между строением циклоалканов и их реакционной способностью. Влияние размера колец и их конформаций на реакционную способность функциональных групп. Взаимные превращения циклов.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства алициклических углеводородов.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алканы, Алкены, Диены, Алкины

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** алициклические соединения, банановые связи, типы напряжений, конформации, экваториальные и аксиальные связи, цис-транс- и оптическая изомерия алициклических соединений (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной

степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 4.2
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 80-84
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 194-219.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств алициклических углеводородов.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Алициклические углеводороды: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Теория строения алициклов, напряженность циклов, конформации

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 164-190

## Раздел 4. Углеводороды. Ароматические углеводороды (баланс времени на изучение: ауд. 10 часов/СРС 8 часов)

**Основные вопросы темы («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):**

Понятие ароматичности. Развитие представлений о строении бензола. Критерии ароматичности органических соединений.

Электрофильное замещение в ароматическом ядре.  $\pi$ - и  $\sigma$ -Комплексы. Строение  $\sigma$ -комплексов. Энергетическая диаграмма. Примеры реакций электрофильного замещения: нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование, сульфирование бензола.

Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения. Классификация заместителей: о-п-ориентанты активирующие и дезактивирующие, м-ориентанты дезактивирующие. Индуктивные эффекты заместителей и эффекты сопряжения.

### Гомологический ряд бензола

Общая формула. Изомерия. Номенклатура.

Источники ароматических соединений: каменноугольная смола, коксовый газ, нефть и её ароматизация.

Синтетические методы получения бензола и его гомологов. Реакции Вюрца-Фиттига и Фриделя-Крафтса. Их механизмы.

Физические свойства\*.

Химические свойства. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование по Фриделю-Крафтсу. Особенности реакции галогенирования и нитрования боковых цепей. Окисление гомологов бензола. Реакции присоединения водорода, хлора по ароматическому кольцу. Озонолиз.

### Полиядерные ароматические соединения\*

Бифенил. Получение. Свойства. Бензидин, бензидиновая перегруппировка.

Трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол. Получение, свойства. Понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах.

Нафталин. Получение в технике. Строение. Ароматичность. Энергия сопряжения. Изомерия. Номенклатура замещённых нафталина.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции присоединения: водорода, хлора, брома. Отношение к действию окислителей. Реакции электрофильного замещения: галогенирование,

нитрование, сульфирование, ацилирование. Механизмы реакций, причины активности  $\alpha$ -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения  $\beta$ -производных нафталина.  $\alpha$ - и  $\beta$ -Нафтолы, способы получения, свойства.

Антрацен и фенантрен. Строение, ароматичность, свойства. Высшие полициклические углеводороды. Понятие о канцерогенных соединениях.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства ароматических углеводородов; изучить механизм электрофильного замещения в ароматическом ряду.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алкены, Диены.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** ароматичность, критерии ароматичности, электрофильное замещение,  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы, *o*-*p*-ориентанты активирующие и дезактивирующие, *m*-ориентанты дезактивирующие, индуктивные эффекты, мезомерные эффекты (эффекты сопряжения), гомологический ряд бензола, полиядерные ароматические соединения, бифенил, бензидин, бензидиновая перегруппировка, трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол, нафталин,  $\alpha$ - и  $\beta$ -нафтолы, антрацен, фенантрен (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 6
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 117-131
3. Травень, В. Ф. Органическая химия. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 517 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2110-0 (Т. II), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 13-91.



**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств ароматических углеводородов ряда бензола и полиядерных ароматических соединений, усвоение механизма электрофильного замещения в ароматическом ряду.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Арены ряда бензола: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Полиядерные ароматические соединения (бифенил): классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
3. Полиядерные ароматические соединения конденсированного типа (нафталин): классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства
4. Механизм электрофильного замещения в ароматическом ряду на примере одного из представителей аренов.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 102-133

## Раздел 4. Галогенопроизводные углеводов

(баланс времени на изучение: ауд. 7 часов/СРС 14 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

### Галогеналканы

Общая формула. Изомерия. Первичные, вторичные и третичные галогеналканы. Номенклатура. Способы получения: из алканов (галогенирование), из алкенов (гидрогалогенирование), из спиртов.

Строение. Характеристика связей углерод - галоген (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Физические свойства\* и спектральные характеристики.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогеналканов (образование спиртов, простых эфиров, нитрилов, аминов и других классов соединений). Механизмы нуклеофильного замещения ( $S_N1$  и  $S_N2$ ). Факторы, влияющие на ход нуклеофильного замещения (строение галогеналкана, характер уходящей группы, сила нуклеофильного реагента, природа растворителя). Стереохимия реакций нуклеофильного замещения; реакции оптически активных соединений, протекающие с сохранением конфигурации, с обращением конфигурации, рацемизацией.

Реакции отщепления.  $\beta$ -Элиминирование, условия и направление реакций. Взаимоотношение понятий "нуклеофильность" и "основность". Правило Зайцева, его объяснение. Механизмы отщепления ( $E2$ ,  $E1$  и  $E1cB$ ). Конкуренция реакций элиминирования и нуклеофильного замещения. Факторы, влияющие на скорость отщепления и соотношение продуктов отщепления и замещения (структура галогеналкана, основность реагента, температура, природа растворителя). Стереохимия реакций отщепления. Восстановление галогеналканов. Реакции с металлами (натрием, литием, магнием).

### Полигалогеналканы\*

Классификация. Геминальные и вицинальные дигалогеналканы, галоформы. Тетрахлорид углерода.

Способы получения: из алканов, алкенов, карбонильных соединений.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Полигалогеналканы как растворители.

## Галогенопроизводные непредельных углеводородов

Изомерия. Номенклатура. Три типа галогенопроизводных с двойной связью.

Винилгалогениды. Способы получения: из вицинальных дигалогеналканов, из алканов. Строение винилхлорида. Причина инертности винилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения. Реакции отщепления. Электрофильное присоединение галогенов и галогенводородов. Промышленные способы получения и применение винилхлорида. Поливинилхлорид.

Аллилгалогениды. Способы получения: из алкенов (аллильное хлорирование и бромирование), из сопряжённых алкадиенов (электрофильное присоединение галогеноводородов). Строение аллилхлорида. Причины повышенной реакционной способности аллилгалогенидов в реакциях  $S_N1$  и  $S_N2$ . Мезомерный аллильный карбокатион. Аллильная перегруппировка. Электрофильное присоединение к аллилгалогенидам.

Фторзамещённые непредельных углеводородов\*. Особенности связей  $C - F^*$ . Способы получения монофторалканов, фторалкенов и перфторуглеродов\*. Фреоны\*. Фторопласт (тефлон).

## Галогенопроизводные ароматических углеводородов

Гомологический ряд. Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из бензола и его гомологов (галогенирование в ядро и боковую цепь, условия и механизмы реакций).

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогена. Причины инертности галогена неактивированных арилгалогенидов. Условия и механизмы реакций неактивированных арилгалогенидов (отщепление присоединение). Влияние электроноакцепторных заместителей на реакционную способность арилгалогенидов при нуклеофильном замещении, механизм  $S_N2Ar$ . Причина повышенной реакционной способности бензилгалогенидов в реакциях  $S_N1$  и  $S_N2$ .

Образование металлоорганических соединений, их применение в органическом синтезе.

Хлорбензол, бензилхлорид, бензилиденхлорид\*, бензотрихлорид\*, их получение, свойства, применение.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства галогенопроизводных углеводородов; изучить механизм нуклеофильного замещения в алифатическом ряду и ароматическом ряду.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алкены, Арены.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** галогеналканы, первичные, вторичные и третичные галогеналканы. механизм нуклеофильного замещения галогеналканов, SN1 и SN2 механизмы, субстрат, нуклеофил, нуклеофильность, амбидентный ион,  $\beta$ -элиминирование, E2, E1 и E1cb, полигалогеналканы, геминальные и вицинальные дигалогеналканы, галоформы, галогенопроизводные непредельных углеводородов, винилгалогениды, поливинилхлорид, аллилгалогениды, аллильная перегруппировка, фреоны, фторопласт (тефлон), галогенопроизводные ароматических углеводородов, активированные и неактивированные ароматические галогенопроизводные, хлорбензол, бензилхлорид, бензилиденхлорид, бензотрихлорид (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 7
2. Травень, В. Ф. Органическая химия. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 517 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2110-0 (Т. II), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 211-278.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств галогенопроизводных углеводородов, усвоение механизма нуклеофильного замещения в алифатическом и ароматическом ряду.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Галогеналканы: классификация и номенклатура, способы получения, физические и

химические свойства.

2. Галогеналкены: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
3. Ароматические галогенопроизводные: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства
4. Механизм нуклеофильного замещения в алифатическом ряду на примере одного из представителей галогеналканов
5. Механизм нуклеофильного замещения в ароматическом ряду на примере одного из представителей активированных и неактивированных соединений.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 31

## Раздел 6. Гидроксилсодержащие производные углеводов

(баланс времени на изучение: ауд. 14 часов/СРС 14 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

### Одноатомные спирты

Гомологический ряд. Общая формула. Классификация: первичные, вторичные, третичные. Номенклатура тривиальная\*, рациональная\*, систематическая.

Способы получения: из галогеналканов (гидролиз), из алкенов, из карбонильных соединений и сложных эфиров (восстановление). Синтез спиртов по реакции Гриньяра.

Промышленные способы получения метилового, этилового, изопропилового спиртов\*.

Строение. Характеристика связей С - О и О - Н (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Водородные связи в спиртах, их энергия.

Физические свойства. Влияние водородных связей на физические свойства и спектральные характеристики спиртов.

Химические свойства. Кислотность. Константа кислотности. Образование алкоголятов, их строение. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоголят-анионов, их реакции с первичными, вторичными и третичными галогеналканами. Реакции нуклеофильного замещения: с галогеноводородными кислотами, галогенидами фосфора, тионилхлоридом. Особенность  $S_N1$  и  $S_N2$  реакций спиртов. Стереохимия реакций нуклеофильного замещения. Внутримолекулярное нуклеофильное замещение ( $S_N1$ ). Реакции спиртов с минеральными кислотами, образование эфиров минеральных кислот. Реакции отщепления: внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация. Механизмы реакций внутримолекулярного отщепления воды. Перегруппировки с участием карбокатионов. Связь между строением и реакционной способностью спиртов в реакциях нуклеофильного замещения и отщепления. Ацилирование спиртов (образование сложных эфиров карбоновых кислот). Ацилирующие реагенты. Окисление и дегидрирование.

Метилловый, этиловый, пропиловый и бутиловый спирты, их применение в органическом синтезе\*.

Ненасыщенные спирты. Виниловые спирты, причина их неустойчивости (правило Эльтекова). Аллиловые спирты. Получение. Причина повышенной реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения (механизм  $S_N1$ ).

## **Многоатомные спирты**

Классификация, изомерия, номенклатура.

Двухатомные спирты (гликоли). Способы получения: из дигалогеналканов, эпокисоединений, карбонильных соединений, эфиров дикарбоновых кислот. Пинаколиновая перегруппировка.

Трёхатомные спирты. Глицерин, получение из жиров и синтез из пропилена. Особенности физических и химических свойств двухатомных и трёхатомных спиртов. Применение этиленгликоля и глицерина в промышленности.

## **Фенолы. Хиноны**

Одноатомные фенолы. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения: из арилгалогенидов, из сульфокислот, из ароматических аминов. Получение фенола из изопропилбензола (кумольный метод).

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотность фенола, её причина. Влияние заместителей в бензольном кольце на кислотность. Образование простых эфиров фенолов, их свойства и применение (анизол, фенетол и др.). Сложные эфиры фенолов, их получение и свойства.

Особенности реакций электрофильного замещения фенолов (галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование). Реакции электрофильного замещения в фенолят-анионе: азосочетание, реакция Кольбе Шмидта, взаимодействие с формальдегидом. Фенолоформальдегидные смолы.

Двухатомные фенолы: пирокатехин, резорцин, гидрохинон. Получение, свойства, применение.

Трёхатомные фенолы: пирогаллол, оксигидрохинон, флороглюцин\*. Особые свойства флороглюцина\*.

Хиноны. Классификация, номенклатура. *p*-Бензохинон. Получение. Строение. Химические свойства. Реакция восстановления, её механизм.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства спиртов и фенолов.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алкены, Арены, Нуклеофильное замещение

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:**  
одноатомные спирты, первичные, вторичные, третичные спирты, алкоголяты, внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация, этерификация, метиловый, этиловый спирты, ненасыщенные спирты, виниловые спирты, аллиловые спирты, многоатомные спирты, гликоли, пинаколиновая перегруппировка, трёхатомные спирты, глицерин, фенолы, поликонденсация, фенолоформальдегидные олигомеры, двухатомные фенолы, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, хиноны (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 8
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 140-157, 158-167
3. Травень, В. Ф. Органическая химия. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 517 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2110-0 (Т. II), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 327-405.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств гидроксилсодержащих производных углеводородов – спиртов, фенолов, усвоение особенностей реакций нуклеофильного замещения в ряду спиртов и электрофильного замещения у фенолов.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Одноатомные спирты: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Двухатомные спирты: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
3. Трёхатомные спирты: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства



4. Одноатомные фенолы: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
5. Многоатомные фенолы: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 31, 150-164

## Раздел 7. Простые эфиры

(баланс времени на изучение: ауд. 5 часов/СРС 6 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

Простые эфиры. Изомерия и номенклатура. Способы получения: из спиртов, из галогеналканов (реакция Вильямсона). Химические свойства: основность, образование оксониевых соединений, реакции расщепления простых эфиров, их механизм ( $S_N1$  и  $S_N2$ ), автоокисление (образование пероксидов, их взрывоопасность). Диэтиловый эфир, его практическое применение. Диоксан. Тетрагидрофуран.

Эпоксисоединения. Изомерия и номенклатура. Способы получения: из алкенов, из галогенгидринов. Химические свойства: оксид этилена, способы получения и применение в органическом промышленном синтезе.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства простых эфиров.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Углеводороды, Гидроксилсодержащие производные, Нуклеофильное замещение

### **Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:**

простые эфиры, планирование синтеза, инертность, основность, автоокисление абсолютный эфир, диоксан, тетрагидрофуран, эпоксисоединения, тиоспирты (меркаптаны) (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 9
2. Травень, В. Ф. Органическая химия. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -

517 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2110-0 (Т. II), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 409-429.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств простых эфиров.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Простые эфиры: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Эпоксисоединения: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 31

## Раздел 8. Азотсодержащие производные (баланс времени на изучение: ауд. 11 часов/СРС 16 часов)

**Основные вопросы темы («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):**

### **Гомологический ряд мононитроалканов**

Общая формула. Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из алканов (нитрование), из галогеналканов (нуклеофильное замещение). Понятие об амбидентных нуклеофильных реагентах. Принцип ЖМКО\*. Получение нитросоединений окислением аминов\*.

Строение нитрогруппы. Валентные углы и характеристика связей N-O. Индуктивный эффект нитрогруппы, влияние на углеродный радикал.

Физические свойства\*.

Химические свойства. Таутомерия первичных и вторичных нитросоединений. Механизм таутомерных превращений. Причина подвижности атома водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме. C - H-кислотность первичных и вторичных нитроалканов. Реакции со щелочами. Строение солей, мезомерный анион. Отличие свойств нитроалканов от эфиров азотистой кислоты (восстановление и гидролиз)\*.

Нитрометан, получение, применение в технике\*.

Полинитросоединения\*.

### **Алифатические амины**

Классификация: первичные, вторичные, третичные. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения: алкилирование аммиака галогеналканами и спиртами, фталимидный метод Габриэля, восстановительное аминирование карбонильных соединений, восстановление азотсодержащих соединений (нитроалканов, оксимов, нитрилов, амидов). Из амидов кислот по Гофману.

Строение аминов.  $sp^3$  - Состояние атома азота. Характеристика связей C-N и N-H. Водородные связи аминов, их прочность.

Физические свойства. Влияние водородных связей.

Химические свойства. Основность. Константа основности. Связь между строением аминов и их основностью. Реакции аминов с кислотами, строение солей, их номенклатура и свойства. Алкилирование аминов галогеналканами. Ацилирование галогенангидридами и ангидридами кислот. Механизмы реакций алкилирования и ацилирования. Реакции с азотистой кислотой, условия проведения, механизм.

Понятие о диаминах, получение, свойства\*. Гексаметилендиамин. Синтетическое волокно "нейлон".

### **Ароматические амины**

Классификация. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения ароматических аминов: из нитросоединений (реакция Н. Н. Зинина), из арилгалогенидов (нуклеофильное замещение). Получение вторичных и третичных аминов.

Физические свойства.

Химические свойства. Влияние бензольного кольца и имеющихся в нём заместителей на основность аминов. Особенности алкилирования и ацилирования аминогруппы, взаимодействие с альдегидами. Реакции первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Особенности электрофильного замещения у ароматических аминов (нитрование, галогенирование, сульфирование), условия проведения. Практическое значение.

Анилин, *p*-толуидин, *N*-метиланилин, *N,N*-диметиланилин, способы получения, применение\*.

### **Диазо- и азосоединения**

Реакция диазотирования, условия её проведения, механизм. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость реакции.

Строение diazosоединений. Формы diazosоединений в зависимости от pH среды, таутомерные превращения.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции, протекающие с выделением азота: нуклеофильное замещение diaзониевой группы на гидроксил, алкоксигруппу, фтор, радикальное замещение на водород, хлор, бром, циан, йод. Механизмы этих реакций.

Реакции без выделения азота: восстановление до арилгидразинов. Реакции азосочетания. Механизм. Условия реакций азосочетания с аминами и фенолами. Влияние заместителей на реакционную способность diazosоединений. Значение азосоединений. Понятие об азокрасителях. Восстановительное расщепление азосоединений.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства азотсодержащих органических соединений нитросоединений, аминов, азо- и diazosоединений.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные понятия органической химии, Алкены, Арены, Нуклеофильное замещение, Электрофильное замещение

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** нитросоединения, функциональная нитрогруппа, ЖМКО, амины, первичные, вторичные, третичные,  $sp^3$  - состояние атома азота, основность. константа основности, алкилирование аминов, ацилирование аминов, диамины, гексаметилендиамин, полиамиды, ароматические амины, анилин, *p*-толуидин, *N*-метиланилин, *N,N*-диметиланилин, диазо- и азосоединения, диазотирование, азосочетание, азокрасители (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 12
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 317-329, 330-337, 338-346
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 388 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2111-7 (Т. III), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 141-224.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств азотсодержащих производных углеводородов – нитросоединений, аминов, азо- и diazosоединений, усвоение особенностей реакций электрофильного замещения у ароматических аминов.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Нитросоединения: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.

2. Амины: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
3. Азо- и диазосоединения: классификация и номенклатура, способы получения, химические свойства, практическая \значимость

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1.. Стр. 132-150

## Раздел 9. Гетероциклические соединения (баланс времени на изучение: ауд. 0/СРС 10 часов)

### Основные вопросы темы:

#### Пятичленные гетероциклы

##### Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом

Фуран, пиррол, тиофен. Изомерия. Общие способы получения из 1,4-дикарбонильных соединений. Взаимные превращения по Ю. К. Юрьеву.

Строение. Ароматичность, энергия сопряжения; их связь с электроотрицательностью гетероатома.

Химические свойства. Реакции присоединения. Отношение к действию окислителей и кислот (ацидофобность). Реакции электрофильного замещения, реакционная способность, ориентация. Механизм электрофильного замещения. Применение модифицированных электрофильных реагентов (ацетилнитрита, пиридинсульфотриоксида).

Конденсированные системы: бензофуран, индол, бензотиофен.

Индол, способы получения.

Химические свойства. особенности реакций электрофильного замещения, ориентация. Кислотные свойства, образование металлических производных, их строение, свойства и применение. Биологическая роль и практическая значимость производных индола.

##### Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами

Пиразол и имидазол. Общие методы синтеза.

Свойства: повышенная кислотность и основность по сравнению с пирролом. Реакция электрофильного замещения.

#### Шестичленные гетероциклы

##### Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом

Пиридин. Строение. Характеристика связей. Ароматичность. Изомерия и номенклатура замещённых пиридинов. Физические свойства.

Химические свойства. Основность. Образование солей. Реакции с галогеналканами. Реакции электрофильного замещения, реакционная способность и ориентация. Галогенирование, нитрование, сульфирование. Механизмы. Нуклеофильное замещение, причина повышенной реакционной способности. Получение  $\alpha$ -аминопиридина (реакция А. Е. Чичибабина) и  $\alpha$ -гидроксипиридина. Механизмы этих реакций.

Пиперидин, получение, свойства.



Хинолин и изохинолин. Получение по реакции Скраупа.

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и нуклеофильного замещения. Отношение к действию окислителей. Понятие об алкалоидах.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства гетероциклических соединений.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Ароматические углеводороды, Амины, Простые эфиры, Тиоэфиры.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** пятичленные гетероциклы, фуран, пиррол, тиофен, ароматичность, энергия сопряжения, ацидофобность, модифицированные электрофильные реагенты, конденсированные системы, бензофуран, индол, бензотиофен, пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами, пиразол и имидазол, шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом, пиридин, пиперидин, хинолин, изохинолин, алкалоиды (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 15
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 292-306
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 388 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2111-7 (Т. III), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 235-274

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств гетероциклических органических соединений.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Конденсированные пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
3. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
4. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом: получение, строение и реакционная способность
5. Конденсированные шестичленные гетероциклы: получение, строение и реакционная способность

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1. Стр. 190-209

## Раздел 10. Карбонильные соединения

(баланс времени на изучение: ауд. 11 часов/СРС 18 часов)

**Основные вопросы темы** («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):

### Насыщенные альдегиды и кетоны

Общая формула. Изомерия. Номенклатура (тривиальная, рациональная, систематическая).

Способы получения: из спиртов, из карбоновых кислот и их производных. Синтез альдегидов и кетонов по реакции Гриньяра. Оксосинтез.

Строение карбонильной группы. Сходство и различие связей  $C=O$  и  $C=C$ .

Физические свойства\*.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе. Присоединение воды и спиртов. Понятие об общем и специфическом кислотном катализе. Присоединение галогеноводородов, гидросульфита натрия,  $PCl_5$ , реактивов Гриньяра. Реакции присоединения - отщепления аммиака, гидроксилamina, гидразина и его производных. Механизм этих реакций. Реакции, катализируемые основаниями (присоединение синильной кислоты). Альдольная и кротоновая конденсации, механизм при основном катализе. Причина повышенной активности атомов водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме. Енолизация (механизмы при кислотном и основном катализе). Реакции галогенирования. Галоформные реакции метилкетонов, их практическое значение.

Восстановление до спиртов и углеводов. Окисление.

Муравьиный альдегид, получение в технике\*. Особые свойства. Реакция Канниццаро.

Уксусный альдегид, ацетон: методы получения, применение\*.

### Ненасыщенные альдегиды и кетоны

Изомерия. Классификация.

[Кетены. Номенклатура. Способы получения кетена: из ацетона, из уксусной кислоты. Строение кетена. Химические свойства: реакции с водой, спиртами, аминами, карбоновыми кислотами. Дикетен]\*

$\alpha$ ,  $\beta$  - Ненасыщенные альдегиды и кетоны. Сопряжение связей  $C=C$  и  $C=O$ . Акролеин. Кротоновый альдегид (цис-транс- изомерия).

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и нуклеофильного присоединения.

## **Ароматические альдегиды и кетоны**

Изомерия. Классификация кетонов: ароматические и жирноароматические. Номенклатура.

Способы получения: из углеводов и спиртов (окисление, дегидрирование), из дигалогенопроизводных (гидролиз). Реакции Гаттермана-Коха, Гаттермана, Фриделя - Крафтса. Область применения этих реакций.

Физические свойства\*.

Химические свойства. Реакции окисления и восстановления. Присоединение нуклеофильных реагентов. Влияние ароматического кольца, заместителей в кольце и пространственных факторов на реакционную способность альдегидов и кетонов. Конденсация с алифатическими альдегидами, кетонами, нитросоединениями, их механизм в условиях основного катализа. Особые свойства ароматических альдегидов: реакции Канниццаро, Перкина, их механизмы.

Геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов\*. Перегруппировка Бекмана.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, номенклатуру, способы получения, строение, физические и химические свойства карбонильных соединений; механизм нуклеофильного присоединения.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные теоретические положения органической химии, Углеводороды, Спирты.

### **Характеристика основного понятийно-терминологического аппарата:**

альдегиды, кетоны, функциональная оксо- группа, насыщенные альдегиды и кетоны, сходство и различие связей  $C=O$  и  $C=C$ , механизм нуклеофильного присоединения по карбонильной группе, общий и специфический кислотный катализ, альдольная и кротоновая конденсации, енолизация, галоформные реакции, ненасыщенные альдегиды и кетоны, кетены, дикетен, ароматические альдегиды и кетоны, геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов, перегруппировка Бекмана (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 10
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 168-187
3. Травень, В. Ф. Органическая химия. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 517 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2110-0 (Т. II), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 431-512

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств карбонильных соединений, их практическое применение как компонентов органического синтеза

### **Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Насыщенные альдегиды и кетоны: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства.
2. Ненасыщенные альдегиды и кетоны: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства.
3. Ароматические альдегиды и кетоны: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 Стр. 60-87

## Раздел 11. Карбоновые кислоты

(баланс времени на изучение: ауд. 27 часов/СРС 22 часа)

**Основные вопросы темы («\*» помечены вопросы, которые целиком выносятся на СРС):**

### Одноосновные карбоновые кислоты и их производные

Гомологический ряд насыщенных карбоновых кислот. Общая формула. Изомерия. Номенклатура (тривиальная, рациональная, систематическая). Ацилы, их номенклатура.

Способы получения: из алканов, алкенов, алкинов, спиртов, альдегидов и кетонов (окисление); галогеналканов (через нитрилы и по реакции Гриньяра), сложных эфиров и амидов (гидролиз).

Строение карбоксильной группы.  $\alpha, \beta$ -Сопряжение. Характеристика связей C=O и O-H. Межмолекулярные водородные связи карбоновых кислот, их прочность.

Физические свойства. Влияние водородных связей на физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства. Константа кислотности, влияние на неё структурных и электронных факторов. Реакции кислот со щелочами, карбонатами, гидрокарбонатами, металлами, реактивами Гриньяра. Строение карбоксилат-аниона.

Реакции кислот по карбонильной группе: взаимодействие с  $PCl_5$ ,  $SOCl_2$ , спиртами. Реакция этерификации, её механизм. Кислотный катализ. Реакции декарбоксилирования и восстановления.

Муравьиная и уксусная кислоты, получение и применение\*. Особенности строения и свойств муравьиной кислоты.

Функциональные производные карбоновых кислот. Галогенангидриды, сложные эфиры, ангидриды, амиды, нитрилы. Способы получения и важнейшие свойства. Реакционная способность функциональных производных карбоновых кислот. Гидролиз, его механизм при кислотном и основном катализах.

$\alpha, \beta$  - Ненасыщенные кислоты. Сопряжение карбоксильной группы с двойной связью. Кислотность. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения. Акриловая и метакриловая кислоты и их эфиры, технические способы их получения и применение. Акрилонитрил.

Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая. Получение и свойства\*.

### Многоосновные и замещённые кислоты

Двухосновные карбоновые кислоты. Номенклатура. Особенности физических и

химических свойств. Кислотность. Щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая и адипиновая кислоты; технические способы их получения и свойства (декарбоксилирование).

Малоновый эфир, его получение и свойства. Натриймалоновый эфир, получение, строение, алкилирование. Синтезы карбоновых кислот на основе малонового эфира.

Двухосновные ненасыщенные кислоты: малеиновая и фумаровая, их физические и химические свойства. Кислотность. Малеиновый ангидрид, получение, применение.

[Галогенозамещенные кислоты

Классификация и номенклатура.

Способы получения: из насыщенных карбоновых кислот и их производных (галогенирование), из ненасыщенных кислот (гидрогалогенирование).

Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы.]\*

### **Ароматические карбоновые кислоты и их производные**

Монокарбоновые кислоты, изомерия, номенклатура.

Способы получения: из углеводов, спиртов, альдегидов, кетонов (окисление), из тригалогенпроизводных и нитрилов (гидролиз), реакцией Гриньяра.

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства. Влияние бензольного кольца, заместителей в кольце и пространственных факторов на кислотность. Образование солей, их строение и свойства.

Функциональные производные ароматических кислот: хлорангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы, их способы получения и свойства\*.

Дикарбоновые кислоты: фталевая, изофталевая, терефталевая. Получение, свойства, применение.

[Сульфокислоты

Изомерия; номенклатура.

Способы получения: реакция сульфирования, сульфлирующие реагенты. Условия и механизм. Реакция сульфохлорирования.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами (десульфирование, щелочное плавление, замещение на цианогруппу). Механизмы этих реакций.]\*

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, номенклатуру, способы получения, строение, физические и химические свойства карбоновых кислот и их производных.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Основные теоретические положения органической химии, Углеводороды, Спирты, Карбонильные соединения

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:**

карбоновая кислота, функциональная карбоксильная группа, одноосновные карбоновые кислоты,  $\pi$ , $\pi$ -сопряжение карбоксильной группы, характеристика связей C=O и C-H, межмолекулярные водородные связи карбоновых кислот, кислотные свойства, константа кислотности, карбоксилат-анион, функциональные производные карбоновых кислот, галогенангидриды, сложные эфиры, ангидриды, амиды, нитрилы, гидролиз производных,  $\alpha$ ,  $\beta$  - ненасыщенные кислоты, реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения, высшие жирные кислоты, двухосновные карбоновые кислоты, малоновый эфир, натриймалоновый эфир, синтезы на основе малонового эфира, двухосновные ненасыщенные кислоты, малеиновый ангидрид, галогенозамещенные кислоты, ароматические карбоновые кислоты, сульфокислоты (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

**Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 11
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 188-203, 204-227
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 388 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2111-7 (Т. III), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 11-96, 119-138



**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств карбоновых кислот и их производных, их практическое применение как компонентов органического синтеза

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Насыщенные одноосновные карбоновые кислоты: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства.
2. Насыщенные двухосновные карбоновые кислоты: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства.
3. Малоновый эфир и синтезы на его основе
4. Ненасыщенные одноосновные карбоновые кислоты: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства.
5. Ненасыщенные двухосновные кислоты, фумаровая и малеиновая кислоты.
6. Ароматические одноосновные карбоновые кислоты: гомологический ряд, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства, кислотность.
7. Ароматические двухосновные карбоновые кислоты: изомерия, номенклатура, способы получения, строение, физические и химические свойства, кислотность.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 Стр. 87-102

## Раздел 12. Гетерофункциональные соединения (баланс времени на изучение: ауд. 0/СРС 18 часов)

### Основные вопросы темы:

#### Гидроксикислоты

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогенозамещённых кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидроксинитрилы ( $\alpha$ -гидроксикислоты). Получение  $\beta$ -гидроксикислот по реакции Реформатского.

Физические и химические свойства. Особенности свойств  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты. Стереизомерия молочных и винных кислот.

#### Аминокислоты, пептиды и белки

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез.

Химические свойства -COOH и -NH<sub>2</sub> групп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (ср. с оксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу

Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбонновых кислот, синтез Штрекера, алкилирование анионов СН-кислот, энантиоселективный синтез.

Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

#### Углеводы

Классификация углеводов: по количеству атомов С; по наличию С=О или СНО групп; по количеству циклических фрагментов. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз: глюкопиранозы и глюкофуранозы,  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Стереохимия.

Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Химические свойства глюкозы как альдегидоспирта: D-фруктоза как представитель кетоз. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроклетчатка. Вискозное волокно, производство бумаги.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить гомологический ряд, строение, способы получения, физические и химические свойства гетерофункциональных органических соединений гидроксикислот, аминокислот, углеводов.

**Требования к уровню подготовленности студента:** для изучения данной темы необходимо усвоение следующих разделов органической химии: Стереохимия органических соединений, Спирты, Амины, Карбонильные соединения, Карбоновые кислоты и их производные.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** гидроксикислоты,  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -гидроксикислоты, лактиды, лактоны, аминокислоты,  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -аминокислоты, амфотерный характер, биполярный ион (цвиттер-ион), изоэлектрическая точка, кислотность и основность, лактамы, углеводы, моносахариды, альдозы, кетозы, проекционные формулы Фишера, циклические полуацетали, глюкопиранозы и глюкофуранозы,  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры, формулы Хеурса, кольчато-цепная таутомерия углеводов, мутаротация, дисахариды, восстанавливающие и невосстанавливающие сахара, полисахариды (понятия и определения даны в логической последовательности).

Вопросы данной темы в учебно-методической литературе освещены с разной степенью глубины и сложности, поэтому рекомендуется изучать этот раздел по материалам лекций и рекомендованной литературе.

#### **Обзор по рекомендуемой литературе:**

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2. Глава 14
2. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9. С. 28-234, 235-247, 249-259, 273-291
3. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 388 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2111-7 (Т. III), ISBN 978-5-9963-0357-1. Стр. 89-93, 98-100, 303-317, 277-298

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** усвоение особенностей строения, способов получения, физических и химических свойств гетерофункциональных органических соединений гидроксикислот, аминокислот, углеводов, их практическое применение как компонентов органического синтеза

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Гидроксикислоты: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. Аминокислоты: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
3. Моносахариды: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
4. Дисахариды: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
5. Полисахариды: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.

Решение задач:

Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1 Стр. 209-223, 228-236

### **Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям**

Лабораторные работы – необходимая и ответственная часть образовательной программы, требующая серьезной и тщательной домашней подготовки. Лабораторные работы по органической химии делятся на две части: методы выделения и очистки органических веществ (3 семестр) и синтеза органических веществ (4 семестр). Подготовка к работам по методам выделения и очистки заключается в тщательном, вдумчивом изучении методики проведения работы (здесь и далее см. МУ по выполнению лабораторных работ). Подготовка к проведению синтеза значительно сложнее и заключается в следующем. Студент получает задание на проведение лабораторной работы (обычно в конце предыдущего лабораторного занятия). Студент должен изучить методику проведения синтеза. Далее выполняется расчет синтеза (расчет подается на проверку преподавателю). Правильность выполнения расчетов – залог успешной работы и хорошего выхода синтезируемого вещества. После проверки расчетов студент дома оформляет домашнюю часть отчета (пункты 1-6 формы отчета). Только при такой подготовке студент получает допуск на работу. Пункты отчета 7 и 8 оформляются во время или по окончании лабораторной работы также самостоятельно. Подготовка к защите заключается в ответе на вопросы к лабораторной работе и теоретической подготовке по теме работы.