

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Направление подготовки
Направленность (профиль)

19.03.01 Биотехнология
Промышленная биотехнология

Ставрополь 2026

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 непереносимое 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

Основные понятия

Основные вопросы темы: 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

Физические методы исследования в органической химии

Основные вопросы темы: 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

Сtereoхимия органических соединений

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. Stereoизомерия соединений с двумя асимметрическими центрами. Диастереомеры, мезоформы, их свойства. Эритро- и treo-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 treo-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 treo-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

Углеводороды. Алканы

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.

Углеводороды. Алкены

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. π - 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, π – 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. Зефинова. - 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

Углеводороды. Диены

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, π – 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:

1. Алкадиены: классификация и номенклатура, способы получения, физические и химические свойства.
2. 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

Углеводороды. Алкины

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, π – 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

Углеводороды. Алициклические углеводороды

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 цикlopentана, 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 углеводов.

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

Углеводороды. Ароматические углеводороды

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. π - и σ -Комплексы. Строение σ -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 α -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения β -производных нафталина. α - и β -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, π - и σ -комплексы, о-п-ориентанты активирующие и дезактивирующие, м-ориентанты дезактивирующие, индуктивные эффекты, мезомерные эффекты (эффекты сопряжения), гомологический ряд бензола, полиядерные ароматические соединения, бифенил, бензидин, бензидиновая перегруппировка, трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол, нафталин, α - и β -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. Зефинова. - 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

Галогенопроизводные углеводородов

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. β -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 галогеноводородов. 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, β -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

Гидроксилсодержащие производные углеводов

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 алколюлятов, их строение. Нуклеофильность и основность спиртов и алколюлят-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 карбкатионов. 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. Виниловыe спирты, причина их неустойчивости (правило Эльтекова). Аллиловыe 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, эпоксисоединений, 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, фенол 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. п-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

Простые эфиры

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

. Азотсодержащие производные

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 α -углеродном атоме. С - Н-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, п-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 diaзосоединений. Формы diaзосоединений 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 diaзосоединений. 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 diaзосоединений.

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, п-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 диазосоединений, 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

Гетероциклические соединения

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 α -аминопиридина (реакция А. Е. Чичибабина) и α -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

Карбонильные соединения

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, гидросиламина, 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 α -углеродном атоме. Енолизация (механизмы при кислотном и основном катализах). 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]*

α , β - 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 диалогенопроизводных (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, Углеводы, 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

Тема «Алканы»

Практическая работа № 1

«Строение и свойства насыщенных углеводородов»

Цель: составить изомеры и назвать, написать уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения и химических свойств насыщенных углеводородов, решить задачу.

Краткое теоретическое обоснование:

Алканы – углеводороды с незамкнутыми (открытыми) углеродными цепями, в молекулах которых все атомы связаны одинарными связями с общей формулой C_nH_{2n+2} . Простейший представитель алканов метан CH_4 .

В промышленности и лаборатории алканы получают гидрированием ненасыщенных углеводородов, реакцией Вюрца действием металлического натрия на алкилгалогениды, сплавлением солей карбоновых кислот со щелочами и др.

Насыщенные углеводороды проявляют большую инертность. В обычных условиях они не реагируют ни с галогенами, ни с окислителями, ни с концентрированными минеральными кислотами. Они вступают в реакции замещения атома водорода с разрывом связи $C-H$ и реакции расщепления молекулы с разрывом связи $C-H$ и $C-C$.

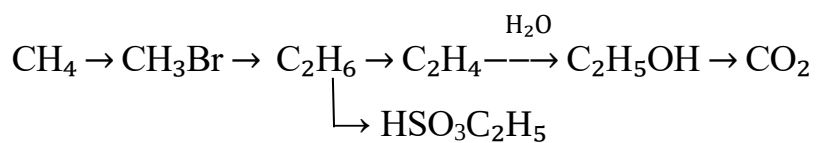
Порядок выполнения работы:

Выполните задания:

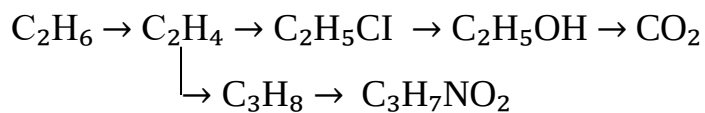
Задание 1

Расшифровать схему превращений в молекулярном виде, дать название веществам:

I вариант



II вариант



Задание 2

Написать четыре изомера и назвать их по международной номенклатуре:

I вариант

Вещества состава C_9H_{20}

II вариант

Вещества состава C_6H_{14}

Задание 3

Составить уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения алканов из соответствующих алкенов:

I вариант

- а) 2-бромбутан;
- б) 2-метил-2,3-дихлорпентан.

II вариант

- а) 1,2-дибромпропана;
- б) 2,4-диметил-3-хлорпентана.

Задание 4

Решить задачу:

I вариант

При сжигании газообразного вещества массой 3,3 г с плотностью по водороду 64 получено 9,9 г углекислого газа и 4,5 г воды. Найти молекулярную формулу углеводорода.

II вариант

Какой объем метана выделится из 4,1 г безводного ацетата натрия?

Тема «Алкены. Алкины. Алкадиены»

Практическая работа № 2

«Строение и свойства ненасыщенных углеводородов»

Цель: составить изомеры и назвать, написать уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения и химических свойств ненасыщенных углеводородов, решить задачи.

Краткое теоретическое обоснование:

К ненасыщенным углеводородам относятся этиленовые, ацетиленовые и диеновые.

Алкены – непредельные углеводороды с незамкнутыми углеродными цепями, молекулы которых содержат одну двойную углерод-углеродную связь с общей формулой C_nH_{2n} . Простейший представитель алкенов этен (этилен) $CH_2=CH_2$.

Алкины – непредельные углеводороды с незамкнутыми углеродными цепями, молекулы которых содержат одну тройную углерод – углеродную связь с общей формулой C_nH_{2n-2} . Простейший представитель алкинов этин (ацетилен) $CH\equiv CH$.

Алкадиены – непредельные углеводороды с незамкнутыми углеродными цепями, молекулы которых содержат две двойные углерод – углеродные связи с общей формулой C_nH_{2n-2} . Простейший представитель пропADIEN $CH=C=CH$.

Ненасыщенные углеводороды обладают значительно большей реакционной способностью по сравнению с насыщенными. В отличие от насыщенных они вступают в реакции присоединения: гидрирования, галогенирования, гидрогалогенирования, гидратации за счет разрыва кратной связи; реакции полимеризации; реакции замещения; реакции окисления.

Порядок выполнения работы:

Выполните задания:

Задание 1

Написать структурные формулы пяти изомеров, дать им название по международной номенклатуре:

I вариант

$n = 8$ алкадиены

II вариант

$n = 6$ диены

Задание 2

Написать уравнения реакций получения в молекулярном и структурном виде и уравнения реакций, характеризующих химические свойства соответствующего углеводорода, дать название продуктам.

I вариант

3-метилбутин-1

Получение: а) дегидрированием алканов, б) дегидрогалогенирование галогенпроизводных.

Свойства: а) галогенирование, б) гидрирование, в) гидрогалогенирование, г) окисление, д) горение, е) полимеризация.

II вариант

2-метилбутадиен-1,3,

Получение: а) дегидрирование алканов, б) дегидрогалогенирование галогенпроизводных.

Свойства: а) галогенирование, б) гидрирование, в) гидрогалогенирование, г) окисление, д) горение, е) полимеризация.

Задание 3

Решить задачи:

I вариант

1. Сколько граммов хлорвинила получится при взаимодействии ацетилена объемом 30 л и хлороводорода объемом 20 л?
2. Какой объем метана необходимо взять для получения 7,8 г бензола?

II вариант

1. Какой объем займет водород, выделившийся при дегидрировании н-бутана объемом 500 м³, если образуется бутadiен?
2. Рассчитать плотность ацетилена по водороду и воздуху.

Тема «Арены»

Практическая работа №3

«Строение и свойства ароматических углеводородов»

Цель: составить структурные формулы, написать уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения и химических свойств ароматических углеводородов, решить задачи.

Краткое теоретическое обоснование:

Арены – ароматические углеводороды, содержащие одно или несколько бензольных колец (в том числе конденсированных). Общая формула ароматических углеводородов C_nH_{2n-6} . Примеры — бензол, толуол, нафталин, антрацен, фенантрен.

Бензольное ядро обладает высокой прочностью, чем и объясняется склонность ароматических углеводородов к реакциям замещения. В отличие от алканов, которые также склонны к реакциям замещения, ароматические углеводороды характеризуются большой подвижностью атомов водорода в ядре, поэтому реакции галогенирования, нитрования, сульфирования и др. протекают в значительно более мягких условиях, чем у алканов.

Для бензола не характерны реакции присоединения. Типичными реакциями бензольного кольца являются реакции замещения атомов водорода – точнее говоря, реакции электрофильного замещения.

Реакция сульфирования осуществляется концентрированной серной кислотой. В процессе реакции водородный атом замещается сульфогруппой, приводя к моносulьфо-кислоте.

Бензольное ядро более устойчиво к окислению, чем алканы. При действии же окислителей на гомологи бензола ближайший к ядру атом углерода боковой цепи окисляется до карбоксильной группы и дает ароматическую кислоту. Бензол при обычных условиях не обесцвечивает

бромную воду и водный раствор марганцовки. Гомологи бензола окисляются перманганатом калия (обесцвечивают марганцовку).

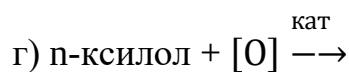
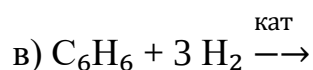
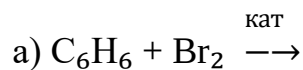
Порядок выполнения работы:

Выполните задания:

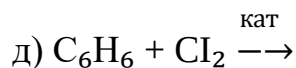
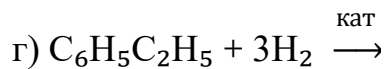
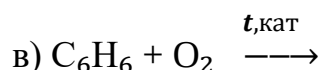
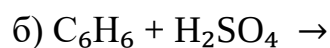
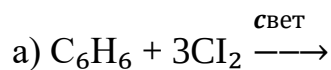
Задание 1

Написать в молекулярном и структурном виде уравнения реакций, дать название продуктам:

I вариант



II вариант



Задание 2

Написать структурные формулы следующих веществ:

I вариант

а) 1-метил-3-этилбензол;

б) о-метилэтилбензол;

в) 2-фенилпропан.

II вариант

а) 1,3,5-триметилбензол;

б) м-метилизопропилбензол;

в) 1-фенолбутан.

Задание 3

Решить задачи:

I вариант

1. Как из метана можно получить бензол? Сколько литров метана необходимо затратить на получение 7,8 г бензола?
2. Сколько граммов гексахлорциклогексана можно получить из бензола массой 15,6 граммов и хлора объемом 15 л при освещении?

II вариант

1. Вычислить плотность паров бензола по воздуху, по водороду.
2. Какой объем ацетилена при н.у. необходим для получения бензола объемом 886 мл (пл. 0,88), если выход его составляет 75 % от теоретического?

Тема «Гидроксильные соединения и их производные»

Практическая работа №4

«Получение и свойства спиртов и фенолов»

Цель: составить структурные формулы, написать уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения и химических свойств спиртов и фенолов.

Краткое теоретическое обоснование:

Спирты – производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильную группу –ОН.

Химические свойства спиртов определяются наличием ОН-группы. При взаимодействии с щелочными и некоторыми другими металлами образуются солеобразные продукты — алкоголяты, например C_2H_5ONa , с кислотами — сложные эфиры $RCOOR'$; первичные спирты в мягких условиях окисляются в альдегиды $RCHO$ и далее в карбоновые кислоты $RCOOH$, вторичные — в кетоны $R-CO-R$. Спирты сравнительно легко дегидратируются; при этом в зависимости от природы и условий реакции образуются простые эфиры $R-O-R$

Свойства многоатомных спиртов похожи на одноатомные спирты, при этом различие в том, что реакция идёт не по одной к гидроксильной группе, а по нескольким сразу. Многоатомные спирты легко вступают в реакцию гидроксидом меди. Взаимодействуют с азотной кислотой.

Фенолы – производные ароматических углеводородов, в которых атом водорода бензольного кольца замещен на гидроксильную группу –ОН. Простейший представитель класса является фенол C_6H_5OH .

У фенола ярко выражены кислотные свойства. Это связано с тем, что свободная электронная пара кислорода в феноле оттянута к ядру. Фенол, за счёт гидроксильной группы будет взаимодействовать со щелочными металлами. С

галогенами фенолы взаимодействуют за счёт замещения водорода бензольного кольца. Фенол значительно активнее бензола вступает в реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце.

Порядок выполнения работы:

Выполните задания:

Задание 1

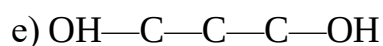
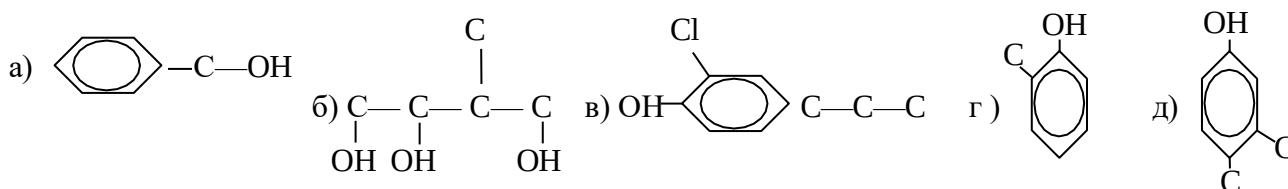
I вариант

Написать в структурном виде формулы одноатомных спиртов:

- а) 1-метилэтанол; б) 2,3-диметилбутанол-2; в) 1-бензилпропен-2-ол-1;
г) 3-этилпентанол-1; д) 3-метил-5-этилгексанол-3.

II вариант

В структурных формулах расставить атомы водорода и дать названия следующим веществам:



Задание 2

Составить уравнения реакций в молекулярном виде получения спирта:

I вариант

2-метилпропанол-1

- а) гидратацией соответствующих алкенов;
б) гидролизом соответствующих галогенпроизводных.

II вариант

бутанол-2

а) гидратацией соответствующих алкенов

б) гидролизом соответствующих галогенопроизводных

Задание 3

Написать уравнение реакций, характеризующих химические свойства спирта, назвать продукты:

I вариант

пропанол-1

а) + Mg; б) + H₂SO₄; в) + C₃H₇J.

II вариант

2-метилбутанол-1

а) + HBr; б) + H₂SO₄; в) реакция дегидратации внутримолекулярная.

Задание 4

Написать уравнения реакций, характеризующих получение и свойства фенола:

I вариант

Получение: способ Рашига

Свойства: а) реакция бромирования (образование трибромфенола);

б) реакция конденсации (образование 2-гидроксиметилфенола).

II вариант

Получение: кумольный способ

Свойства: а) реакция восстановления (образование бензола);

б) реакция сульфирования (образование о-фенолсульфокислоты).

Тема «Карбоновые кислоты и их производные»

Практическая работа №5

«Получение и свойства карбонильных соединений»

Цель: составить структурные формулы, написать уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения и химических свойств альдегидов и карбоновых кислот, решить задачи.

Краткое теоретическое обоснование:

Альдегиды – органические соединения, содержащие альдегидную группу – СНО, связанную с углеводородным радикалом.

Кетоны - органические соединения, в молекулах которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами.

Для альдегидов и кетонов характерны следующие реакции: окисления, присоединения, замещения, полимеризации, конденсации. Для кетонов не характерны реакции полимеризации. При окислении альдегидов образуются карбоновые кислоты. Окисление кетонов происходит гораздо труднее и только сильными окислителями. Продуктами окисления являются карбоновые кислоты. При окислении кетона образуется спиртокетон, затем дикетон, который, разрываясь, образует кислоты.

Реакции конденсации подвергаются альдегиды в слабо основной среде (в присутствии ацетона калия, поташа, сульфата калия) подвергаются альдольной конденсации с образованием альдегидо - спиртов, сокращенно называемых альдолями.

Карбоновые кислоты – органические соединения, молекулы которых содержат карбоксильную группу –СООН, связанную с углеводородным радикалом.

Карбоновые кислоты обладают свойствами, характерными для минеральных кислот. Они реагируют с активными металлами, основными

оксидами, основаниями, солями слабых кислот. Карбоновые кислоты слабее многих сильных минеральных кислот (HCl , H_2SO_4 и т.д.) и поэтому вытесняются ими из солей. Образование функциональных производных: а) при взаимодействии со спиртами (в присутствии концентрированной H_2SO_4) образуются сложные эфиры. Образование сложных эфиров при взаимодействии кислоты и спирта в присутствии минеральных кислот называется реакцией этерификации; б) при воздействии водоотнимающих реагентов в результате межмолекулярной дегидратации образуются ангидриды.

Порядок выполнения работы:

Выполните задания:

Задание 1

I вариант

Написать структурные формулы пяти изомеров, дать им название по международной номенклатуре:

альдегиды $n=7$

II вариант

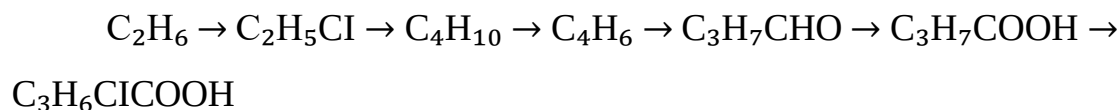
Написать структурные формулы следующих веществ:

- а) 2,4-диметил-3-этилпентановая кислота; б) 3-этилбутаналь;
в) фенилпропановая кислота; г) 2,4-диметилэтилгексаналь.

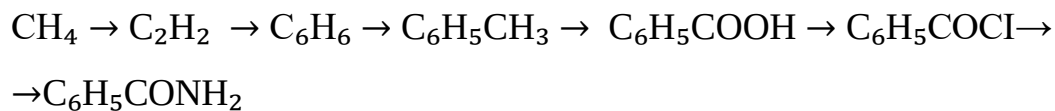
Задание 2

Составить уравнение реакций по схеме, дать название веществам:

I вариант



II вариант



Задание 3

I вариант

Написать уравнения реакций, характеризующие получение и химические свойства карбоновых кислот, дать название продуктам реакций:

Получить метакриловую кислоту:

- а) гидролизом 2-метил-3,3,3-трихлорпропена-1;
- б) дегидрогалогенированием α - хлоризомасляной кислоты;

Свойства: а) $+\text{H}_2$; б) $+\text{CH}_3\text{OH}$; в) $+\text{Na}$.

II вариант

Написать в структурном виде уравнения реакций, характеризующих химические свойства карбонильных соединений:

- а) реакции присоединения по двойной связи карбонила:

метилэтилкетон 1) $+\text{NaHSO}_3$; 2) $+\text{HCN}$;

- б) реакция замещения атома кислорода карбонила: метаналь + гидроксиламин;

- в) альдольная конденсация этанала;

- г) реакция Канниццаро.

Задание 4

Решить задачу:

I вариант

Сколько мл раствора формальдегида (пл. 1,06) с массовой долей HCHO 20 % надо прибавить к аммиачному раствору оксида серебра, чтобы выделилось серебро массой 1,08 г.

II вариант

Сколько граммов уксусного альдегида можно получить дегидрированием раствора этанола (пл. 0,79) объемом 100 мл с массовой долей $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 95,5 %, если практический выход составляет 90 %?

Тема «Элементы биоорганической химии»

Практическая работа №6

«Получение, строение и свойства углеводов и белков»

Цель: составить структурные формулы, написать уравнения реакций в молекулярном и структурном виде получения и химических свойств углеводов и белков, решить задачи.

Краткое теоретическое обоснование:

Углеводы – органические соединения, имеющие сходное строение и свойства, состав которых выражен формулой $C_n(H_2O)_m$.

Углеводы в зависимости от их строения можно подразделить на моносахариды, дисахариды и полисахариды. Одними из наиболее распространенных моносахаридов являются глюкоза и фруктоза. Глюкоза проявляет свойства альдегидов и многоатомных спиртов.

Белки – природные полимеры, состоящие из большого числа остатков α -аминокислот, связанных между собой пептидными связями.

В состав белка могут входить более 20 аминокислот, по числу аминокислотных остатков белки классифицируют на ди-, три-, тетра- и полипептиды. Белки – высокомолекулярные полипептиды, представляют собой сложные биополимеры.

Порядок выполнения работы:

Выполните задания:

Задание 1

I вариант

Используя структурные формулы Хеуорса глюкозы написать уравнения реакций:

- а) алкилирования α -D-глюкозы с получением простого эфира;
- б) ацелирования α -D-глюкозы с получением сложного эфира.

II вариант

Используя проекционные (линейные) формулы Фишера глюкозы написать уравнения реакций по альдегидной группе:

- а) реакция «серебряного зеркала» при нагревании;
- б) реакция с гидроксидом меди (II) при нагревании.

Задание 2

Написать уравнение реакций получения тетрапептида состава:

I вариант

сер-лиз-вал-глу

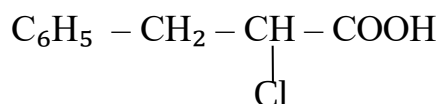
II вариант

вал-сер-гл-лиз

Задание 3

Получить соответствующую аминокислоту из галогензамещенной карбоновой кислоты (способ Фишера):

I вариант



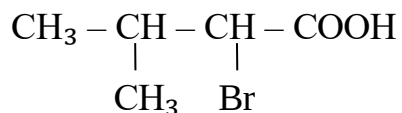
α -хлор- β -фенилпропановая кислота

Написать уравнение реакций, характеризующие ее свойства:

по карбоксилу: а) $+\text{CH}_3\text{OH}$; б) декарбоксилирование (t).

по аминогруппе: а) $+\text{HCHO}$; б) $+\text{HCl}$.

II вариант



α -бром- β -метилмасляная кислота (α -бромизомасляная)

Написать уравнения реакций, характеризующие ее свойства:

по карбоксилу: а) + Na_2S ; б) декарбоксилирование (t).

по аминогруппе: а) + $2\text{CH}_3\text{J}$; б) + HNO_2 .

Задание 4

Решить задачу:

I вариант

В процессе фотосинтеза растение ассимилировало 268,8 л (н.у.) диоксида углерода. Сколько кДж получило растение, если принять, что солнечная энергия используется только на 10 %?

II вариант

Вычислить массу спирта, полученного из глюкозы, образующейся при гидролизе древесных опилок массой 324 кг. Выход продукта на каждой стадии считать равным 60%.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

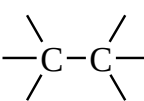
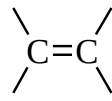
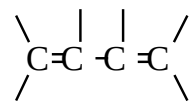
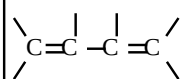
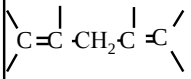
Методические указания
к выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине
«Органическая химия»

Направление подготовки
Направленность (профиль)

19.03.01 Биотехнология
Промышленная биотехнология

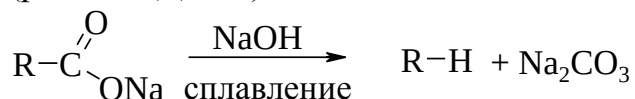
Ставрополь 2026

Методы получения углеводородов и их реакционная способность

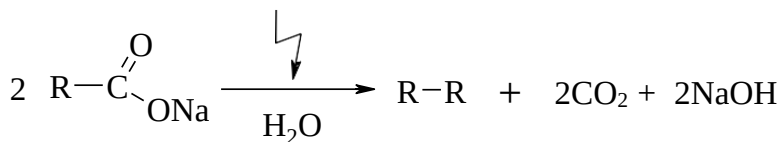
Классификация:	Предельные	Непредельные		
		Алкены	Алкины	Алкадиены
Общая формула:	C_nH_{2n+2}	C_nH_{2n}	C_nH_{2n-2}	C_nH_{2n-2}
Тип связи:	Ковалентная одинарная  этан 0,154 нм	Ковалентная двойная  этилен 0,134 нм	Ковалентная тройная $-C\equiv C-$ ацетилен 0,120 нм	Ковалентные сопряженные две двойные связи  бутадиен-1,3 0,136; 0,146 нм
Длина связи:				
Вид гибридизации атомных орбиталей:	sp^3	sp^2	sp	sp^2
Типы химических реакций:	S_R -радикальное замещение	A_E - электрофильное присоединение; окисление, полимеризация		
Отдельные представители:	Метан CH_4 Этан C_2H_6 Пропан C_3H_8 Пентан C_5H_{12} и другие	Этен C_2H_4 Пропен C_3H_6 Бутен C_4H_8 Пентен C_5H_{10} и другие	Этин C_2H_2 Пропин C_3H_4 Бутин C_4H_6 Пентин C_5H_8 и другие	Бутадиен-1,3  Пентадиен-1,4  и другие

В лабораторных условиях алканы обычно получают двумя способами:

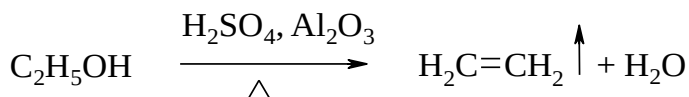
1) Сплавление солей карбоновых кислот с кристаллическими щелочами (реакция Дюма):



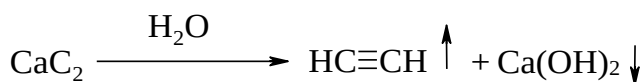
2) Электролиз водных растворов солей карбоновых кислот (реакция Кольбе):



Для синтеза алкенов используют реакцию дегидратации спиртов, в частности этилен получают действием на этанол серной кислоты и оксида алюминия при нагревании:

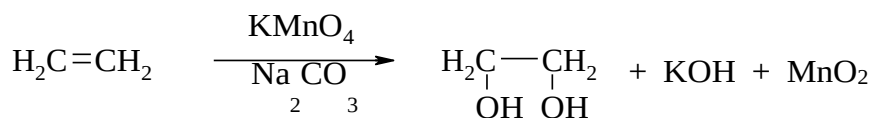


Ацетилен как родоначальник ряда алкинов в лаборатории получают исключительно карбидным способом:



Качественно отличить предельные углеводороды от непредельных можно по характерным реакциям. Так алкены и алкины обесцвечивают слабощелочной раствор перманганата калия и раствор брома в четыреххлористом углероде, тогда как алканы в эти реакции не вступают из-за отсутствия в их строении кратных связей.

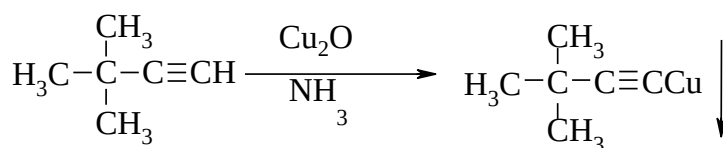
1) Реакция Вагнера:

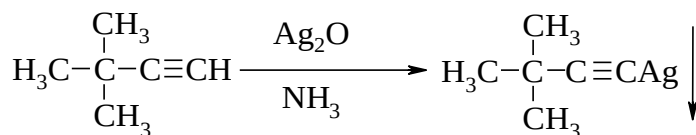


2) Реакция галогенирования (электрофильное присоединение):



Кроме того, качественной реакцией на алкины с терминальной тройной связью может служить получение серебро- и медьорганических соединений, которые образуют цветные осадки:





Медико-биологическое значение и применение в народном хозяйстве алифатических углеводов

Метан – образуется из клетчатки под действием микроорганизмов и содержится в газах кишечника. В большом количестве (до 98%) содержится в природном газе и широко используется в качестве топлива и химического сырья.

Вазелин – смесь жидких и твердых предельных углеводородов с числом атомов углерода от 12 до 25; применяется в качестве основы для различных мазей.

Парафин твердый – смесь твердых предельных углеводородов; применяется для лечения теплом при невралгиях и других заболеваниях («парафиновые ванны»).

Этилен и пропилен – сырье для получения полиэтилена и полипропилена.

Изопрен – мономер естественного каучука (природный полимер). Изопреновое звено – один из наиболее распространенных в природе структурных фрагментов (каротины, витамин А, ретиналь и др.).

Ацетилен – обладает сильным наркотическим действием, но для наркоза не применяется, так как с воздухом образует взрывчатую смесь. Используется в промышленности для синтеза уксусного альдегида, каучуков, искусственного волокна.

Физиологическое действие алифатических углеводов

При хроническом действии алканы нарушают работу нервной системы, что проявляется в виде бессонницы, брадикардии, повышенной утомляемости и функциональных неврозов. Пары петролейного эфира (смесь пентанов и гексанов) в больших концентрациях действуют одурманивающим образом. Этилен является гормоном для растений и в незначительном количестве в них синтезируется. Кроме того он вызывает наркоз, обладает раздражающим и мутагенным действием. Один из немногих природных алкенов - мускалур (*цис*-трикозен-9) является половым аттрактантом самки домашней мухи (*Musca domestica*). Пропилен и бутен-2 вызывают наркоз, обладают раздражающим действием. Алкины обладают слабым наркозным действием. Жидкие алкины вызывают судороги. В некоторых видах грибов (например *Basidiomycetes*) были обнаружены в крайне малом количестве соединения содержащие полиацетиленовые структуры. Ацетилен обнаружен в атмосфере Урана, Юпитера и Сатурна.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Алканы.

Получение метана и его химические свойства

Реактивы и оборудование: смесь для получения метана – безводный ацетат натрия и прокаленная щелочь (1:2), 2%-ный раствор перманганата калия, 5%-ный раствор карбоната натрия, 3%-ный раствор брома (в четыреххлористом углероде), изогнутые газоотводные трубки, пробирки.

а) Получение и горение метана.

В сухую пробирку насыпают смесь для получения метана (на 1/3 объема пробирки), размещая ее таким образом, чтобы метан мог свободно выходить из пробирки. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в лапке штатива с небольшим наклоном в сторону пробирки. Перед получением метана в штатив ставят две пробирки: в первую наливают разбавленный раствор перманганата калия и 5%-ный раствор карбоната натрия в соотношении 3:1, во вторую – 3-4 мл раствора брома в тетрахлорметане. Равномерно нагревают всю пробирку, а затем сильно нагревают ту ее часть, где находится основная часть смеси. Сначала из пробирки вытесняется воздух, потом начинает выделяться метан. Метан поджигают у конца газоотводной трубки, он горит несветящимся голубоватым пламенем.

б) Отношение метана к щелочному раствору перманганата калия и раствору брома в четыреххлористом углероде.

Газоотводную трубку вводят в пробирку с водным раствором перманганата калия и пропускают метан в течение 1 мин. Затем ту же процедуру повторяют с раствором брома в тетрахлорметане. После окончания указанного времени отмечают, произошли какие-либо изменения или нет.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №1:

1. Запишите уравнения реакций всех проводимых в лабораторной работе опытов.
2. Известно, что метан не реагирует с бромной водой. В каких условиях может происходить взаимодействие алканов с галогенами? Напишите все стадии механизма галогенирования метана.
3. В чем различие реакции хлорирования и бромирования алканов? Приведите уравнения реакций и постадийный механизм на примере взаимодействия пропана с хлором и бромом.
4. Какие еще реакции радикального замещения в алканах вам известны? Приведите уравнения соответствующих реакций
5. Какие, кроме продемонстрированного в лабораторной работе, вы знаете методы получения алканов? Приведите три примера синтеза бутана, запишите уравнения соответствующих реакций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. Алкены.

Получение этилена и его химические свойства

Реактивы и оборудование: этиловый спирт 95%-ный, серная кислота (конц.), оксид алюминия, 3%-ный раствор брома в CCl_4 , 2%-ный раствор перманганата калия, 5%-ный раствор карбоната натрия, пробирки, газоотводные трубки.

Получение этилена из этилового спирта и проверка его свойств (тяга!)

В сухую пробирку поместите 4 мл концентрированной серной кислоты, 2 мл этанола и 0,1 г Al_2O_3 в качестве катализатора. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и конец её опустите в пробирку с раствором брома в CCl_4 . Нагрейте пробирку с реакционной смесью на пламени горелки. Убедившись, что бром быстро обесцвечивается, немедленно опустите конец газоотводной трубки в заранее приготовленную пробирку с раствором перманганата калия в смеси с содой. Продолжая нагревание пробирки с реакционной смесью, обратите внимание на быстрое обесцвечивание раствора. После этого удалите пробирку с раствором KMnO_4 и подожгите газообразный этилен у конца газоотводной трубки. Убедитесь в том, что он горит светящимся пламенем.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №2:

1. Запишите уравнения реакций всех проводимых в лабораторной работе опытов.
2. Напишите и объясните механизм электрофильного присоединения галогенов к алкенам на примере бромирования этилена и пропилена.
3. Чем отличается реакция бромирования алкенов раствором брома в тетрахлорметане и воде? Объясните механизм сопряженного электрофильного присоединения на примере взаимодействия этилена и пропилена с бромной водой и раствором брома в CCl_4 .
4. В чем отличие во взаимодействии алкенов с KMnO_4 в нейтральной или слабощелочной средах от реакции в кислой среде? Приведите продукты реакций 2-метилпентена-2 с перманганатом калия в нейтральной и кислой средах.
5. Какие, кроме продемонстрированного в лабораторной работе, вы знаете методы получения алкенов? Приведите три примера синтеза бутена-2, запишите уравнения соответствующих реакций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Алкины.

Получение ацетилена и его химические свойства

Реактивы и оборудование: карбид кальция (кусочки), 3%-ный раствор брома (в четыреххлористом углероде), 2%-ный раствор перманганата калия, 5%-ный раствор карбоната натрия, 1%-ный раствор нитрата серебра, 5%-ный раствор аммиака, соляная кислота (разб.), газоотводные трубки, прямые газоотводные трубки с оттянутым концом, пробирки.

Получение ацетилена и его горение (тяга!)

В пробирку помещают небольшие кусочки карбида кальция и приливают 1 мл воды. Пробирку сразу же закрывают пробкой с газоотводной трубкой с оттянутым концом. Выделяющийся ацетилен поджигают. Он горит коптящим пламенем.

Взаимодействие ацетилена с бромной водой

Пробирку с карбидом кальция и водой закрывают пробкой с изогнутой трубкой и пропускают ацетилен через раствор брома в CCl_4 , наблюдают постепенное обесцвечивание раствора.

Окисление ацетилена перманганатом калия

В пробирку наливают 1 мл раствора перманганата калия, добавляют 1 мл раствора карбоната натрия, а затем через полученный раствор пропускают ацетилен. Фиолетовая окраска исчезает, и появляется хлопьевидный осадок бурого цвета.

Получение ацетиленида серебра

Для получения ацетиленида серебра в пробирку наливают 2 мл 1%-ного раствора нитрата серебра и прибавляют по каплям 5%-ный раствор аммиака до полного растворения образующегося вначале осадка оксида серебра (I). Через полученный раствор пропускают ацетилен и наблюдают выпадение желтовато-серого осадка ацетиленида серебра. Разрушают ацетиленид серебра в разбавленной соляной кислоте.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №3:

1. Запишите уравнения реакций всех проводимых в лабораторной работе опытов.
2. Рассмотрите механизм электрофильного присоединения молекулы галогена к тройной связи на примере бромирования ацетилена избытком брома в четыреххлористом углероде. Какова конфигурация продукта, образующегося при взаимодействии алкина и галогена в соотношении моль/моль?
3. Ацетилен, имея два кислых протона при углеродах тройной связи, способен дважды образовывать ацетиленид металла. Приведите уравнения

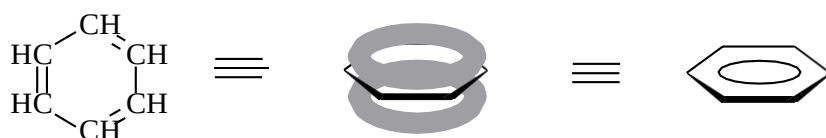
последовательного взаимодействия ацетилен с двумя моль амида натрия в жидком аммиаке, а затем с двумя моль иодистого метила. Будет ли конечный продукт давать качественную реакцию с аммиачным раствором оксида серебра?

4. Напишите реакцию взаимодействия ацетилен с водой (реакция Кучерова), назовите продукт реакции и проведите его дальнейшее окисление и гидрирование.

5. Какие, кроме продемонстрированных в лабораторной работе, вы знаете методы получения алкинов? Приведите три примера синтеза бутина-2, запишите уравнения соответствующих реакций.

Ароматические углеводороды

Среди циклических соединений с сопряженной системой двойных связей особыми свойствами выделяются арены. Особенности электронного строения ароматических углеводородов наиболее наглядно можно показать на модели бензола. Каркас бензола образуют шесть sp^2 -гибридных атомов углерода. Все σ -связи (C–C и C–H) лежат в одной плоскости. Негибридизованные шесть атомных орбиталей расположены перпендикулярно плоскости молекулы и параллельно друг другу. Поэтому каждая АО в равной степени может перекрываться с двумя соседними АО. В результате кругового перекрывания возникает единая делокализованная π -система наибольшая электронная плотность в которой находится над и под плоскостью кольца. В бензоле имеется полная выравненность длин связей (0,14 нм).



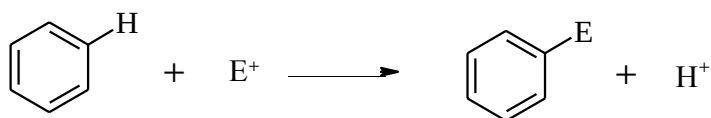
Делокализованная π -система

Соединение обладает ароматичностью, если оно имеет плоский замкнутый цикл и сопряженную π -электронную систему, охватывающую все атомы цикла и содержащую $(4n+2)$ π -электронов (правило Хюккеля), где n – ряд целых чисел: 1,2,3 и т.д.

Наиболее типичны для ароматических соединений реакции электрофильного замещения S_E .

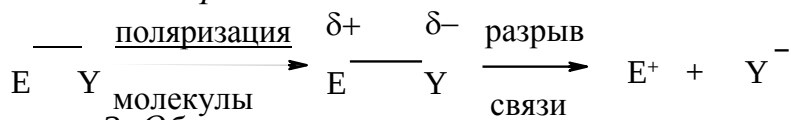
Механизм реакций электрофильного замещения

Наличие π -электронной плотности с двух сторон плоского ароматического цикла ведет к тому, что ароматические соединения бензольного ряда (арены) являются нуклеофилами и в связи с этим склонны подвергаться электрофильной атаке. В общем виде для бензола реакция может быть представлена следующим образом:



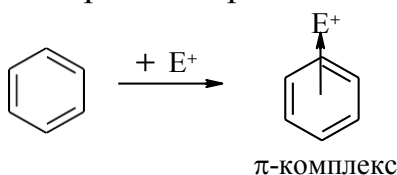
Общий механизм таких реакций включает следующие стадии:

1. Генерирование электрофильной частицы в присутствии катализатора.

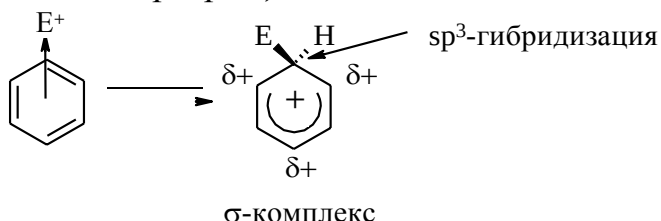


2. Образование π -комплекса.

Электрофильная частица атакует ароматический субстрат, образуя нестойкий π -комплекс, в котором она одновременно связана со всеми π -электронами ароматической системы.

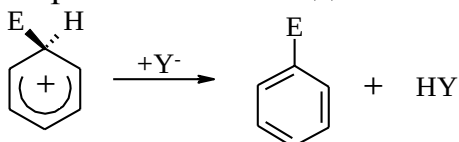


3. Превращение π -комплекса в σ -комплекс (медленная стадия реакции):

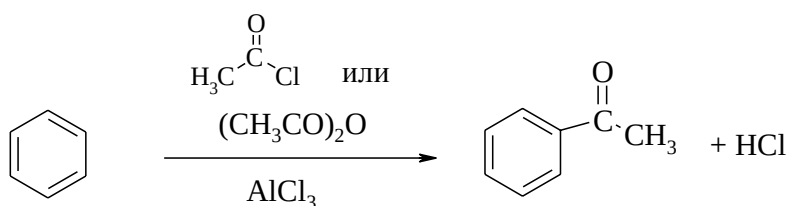
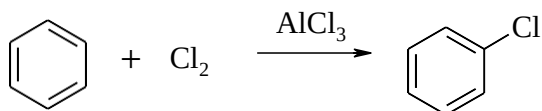
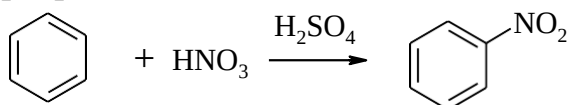


4. Отщепление протона от σ -комплекса

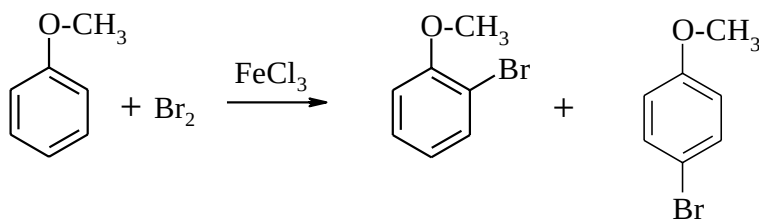
Ароматическая система восстанавливается (недостающая до секстета пара электронов возвращается в ядро), поэтому этот процесс является энергетически выгодным:



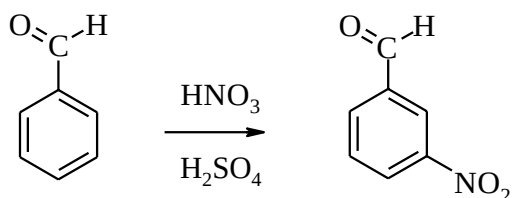
Примеры реакций:



Ориентанты первого рода (-R, -OH, -OR, -NH₂, -NHR, -NR₂) направляют второй заместитель в *орто*- и *пара*-положения, а сами являются активаторами (за исключением галогенов):

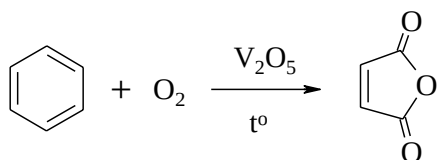


Ориентанты второго рода (-CHO, -COOH, -C(O)OR, -C(O)R, -NO₂, -SO₃H, -C≡N) направляют второй заместитель в *мета*-положение, а сами являются дезактиваторами:

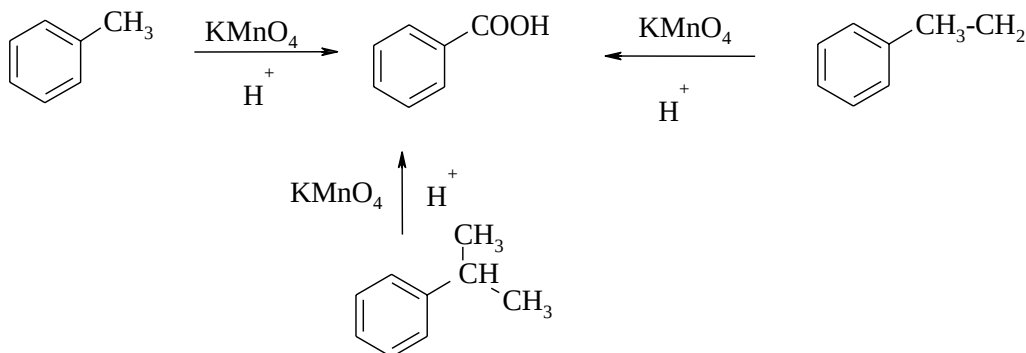


Реакции окисления и восстановления

Сам бензол устойчив к обычным окислителям (к примеру, не обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия). Окисляется лишь на оксиде ванадия:

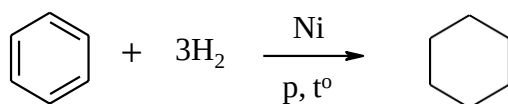


Первичные и вторичные алкилбензолы при окислении перманганатом калия дают бензойную кислоту (с помощью этой реакции можно качественно отличить бензол от толуола):

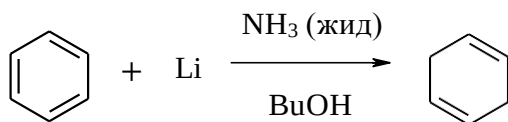


Восстановление аренов может проходить как полно, так и частично:

а) исчерпывающее гидрирование:



б) частичное гидрирование по Бёрчу



Медико-биологическое значение, применение в народном хозяйстве и физиологическое действие аренов

Бензол и толуол – исходные вещества в синтезе лекарственных средств, взрывчатых веществ, волокон, красителей и т.д.

В больших дозах бензол вызывает [тошноту](#) и [головокружение](#), а в некоторых тяжелых случаях отравление может повлечь смертельный исход. Первым признаком отравления бензолом нередко бывает [эйфория](#). Пары бензола могут проникать через неповрежденную кожу. Если организм человека подвергается длительному воздействию бензола в малых количествах, последствия также могут быть очень серьезными. В этом случае хроническое отравление бензолом может стать причиной лейкемии и анемии. Бензол оказывает на человека одурманивающее воздействие и может приводить к [наркотической зависимости](#).

Пары толуола могут проникать через неповрежденную кожу и органы дыхания, вызывать поражение нервной системы. Пожароопасен, относится к ЛВЖ.

Кумол используется для получения фенола, ацетона и капронового волокна. Кумол относится к огнеопасным и токсичным органическим веществам.

Стирол – исходное вещество для производства ценных полимеров (ионообменных смол медицинского назначения). Является ядом общетоксического действия, он обладает раздражающим, мутагенным и канцерогенным эффектом и имеет очень неприятный запах. При хронической интоксикации вызывает поражения центральной и периферической нервной системы, системы кроветворения, нарушается азотисто-белковый, холестериновый и липидный обмен, у женщин происходят нарушения репродуктивной функции.

Нафталин – важное сырье химической промышленности: применяется для синтеза фталевого ангидрида, тетралина, декалина, получения красителей и взрывчатых веществ, в медицине, как инсектицид. Длительное воздействие нафталина может вызвать повреждение или [эритроцитов](#).

Классифицируется как возможный канцероген, вызывающий рак у людей и животных. В человеческом организме чаще всего концентрируется в жировой ткани, где может накапливаться до тех пор, пока жировая ткань не начнёт сжигаться и яд не попадёт в кровь, после чего наступает отравление организма (кровотечения, возникновение опухолей и т. д.).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Ароматические углеводороды

Реактивы и оборудование: бензол, толуол, 3%-ный раствор брома (в воде), 2%-ный раствор перманганата калия, серная кислота (конц.), пробирки, газовые горелки.

Отношение бензола к бромной воде и перманганату калия

В пробирку наливают 1-2 мл бензола и затем немного бромной воды. Смесь взбалтывают. Обесцвечивания не происходит. Бром переходит в верхний слой бензола и окрашивает его. Таким же образом проделывают опыт с раствором перманганата калия. Обесцвечивания раствора не происходит даже при нагревании. Констатируют отсутствие у бензола реакций, характерных для непредельных углеводородов: в аналогичных условиях бензол не присоединяет брома и не окисляется. От раствора перманганата калия бензол отделяют с помощью делительной воронки.

Окисление толуола

В пробирку к 2-3 мл толуола добавляют такой же объем раствора перманганата калия, слегка подкисленного концентрированной серной кислотой. Смесь взбалтывают и нагревают. Фиолетовая окраска перманганата калия исчезает. Произошло окисление толуола в бензойную кислоту. После обесцвечивания раствора горячую жидкость фильтруют через смоченный складчатый фильтр и охлаждают в струе воды. Выделяются белые кристаллы бензойной кислоты.

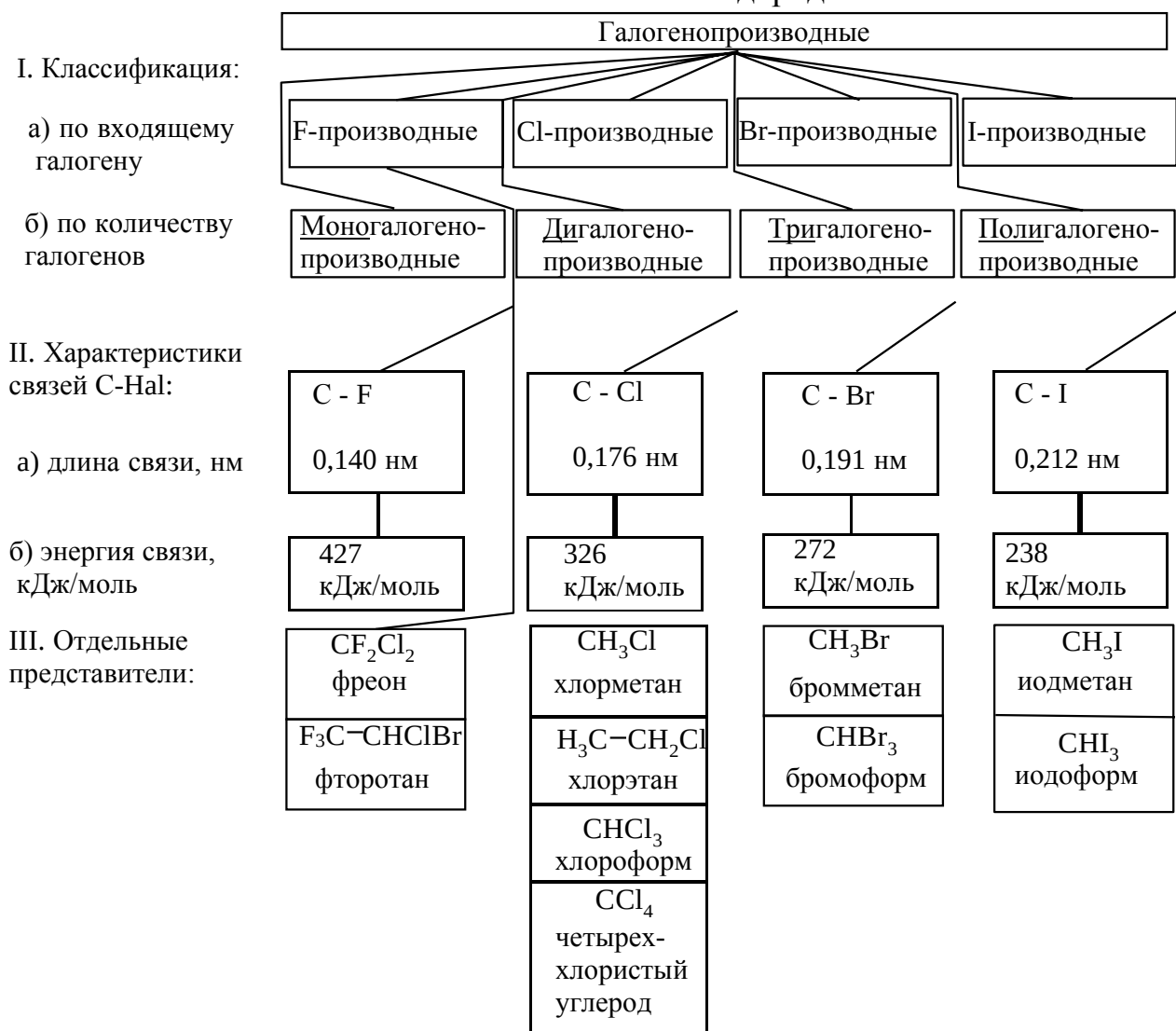
Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №4:

1. Запишите уравнения реакций всех проводимых в лабораторной работе опытов.
2. В каких условиях происходит присоединение хлора к молекуле брома, и какой продукт при этом образуется? Запишите уравнение соответствующей реакции.
3. Приведите 3 примера реакции окисления, при помощи которых можно получить терефталевую (*n*-бензолдикарбоновую) кислоту.
4. Какие продукты образуется при хлорировании и бромировании толуола при ультрафиолетовом облучении? Запишите уравнения соответствующих реакций.

5. Кумол (изопропилбензол) является основным продуктом промышленного получения фенола и ацетона по реакции Сергеева. Предложите схему синтеза кумола по реакции Фриделя-Крафтса и проведите его окисление перманганатом калия в кислой среде.

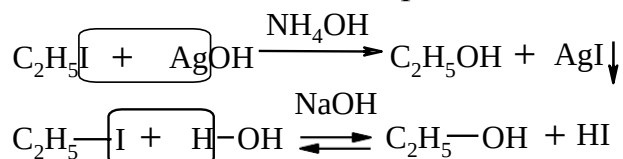
Галогенпроизводные углеводородов

Галогенпроизводные – это производные углеводородов, содержащие один или несколько атомов галогена вместо атомов водорода – $R-Hal$.

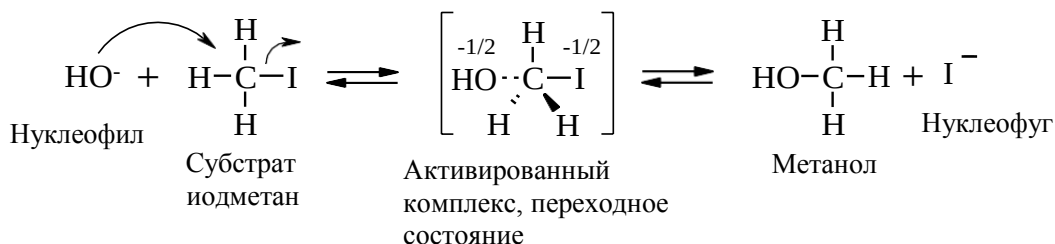


Галогенопроизводные являются очень реакционноспособным классом органических соединений. Исходя из них можно перейти практически почти ко всем другим классам: предельным и непредельным углеводородам, спиртам, простым и сложным эфирам, аминам и др. Получают галогенпроизводные реакциями галогенирования алканов, алкенов и алкино (см. глава I).

Гидролиз. При действии свежеприготовленного аммиачного раствора гидроксида серебра и даже воды (особенно в присутствии щелочей) галогеналкилы дают спирты:

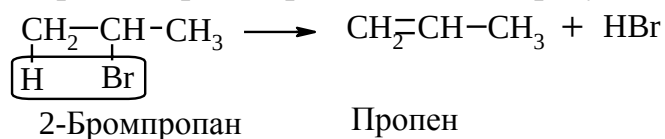


Для первичных и вторичных алкилгалогенидов эта реакция идет по бимолекулярному механизму $\text{S}_{\text{N}}2$, так как скорость ее зависит от концентрации двух компонентов (иодистого метила и гидроксид-иона)



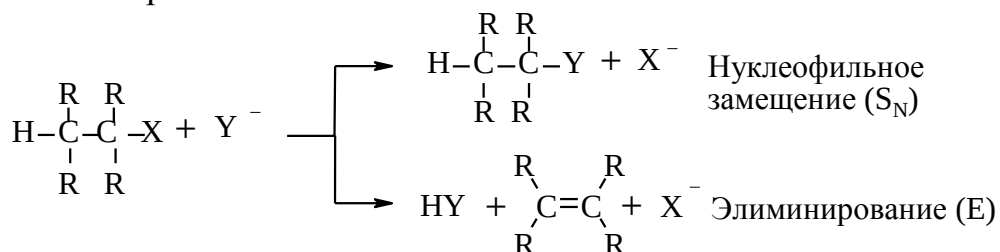
Отрицательно заряженная гидроксильная группа атакует положительно заряженный атом углерода «с тыла», со стороны противоположной отрицательно заряженному атому иода. Образование новой и разрыв старой связи происходит одновременно (синхронно).

Реакции элиминирования (E). При действии на алкилгалогениды спиртовых растворов щелочей образуются алкены:

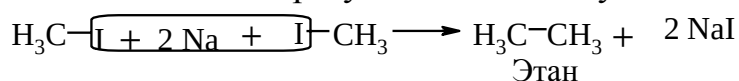


Конкуренция реакций нуклеофильного замещения (S_{N}) и элиминирования (E)

В зависимости от условий алкилгалогениды (как и спирты, см. далее) вступают либо в реакции замещения, либо образуют алкены в результате элиминирования



Реакция Вюрца. При действии металлического натрия на галогеналкилы образуются алканы с удвоенным числом углеродных атомов:



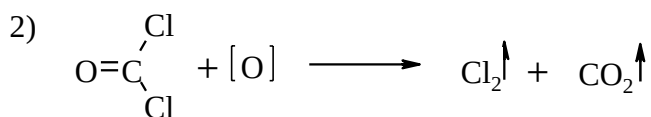
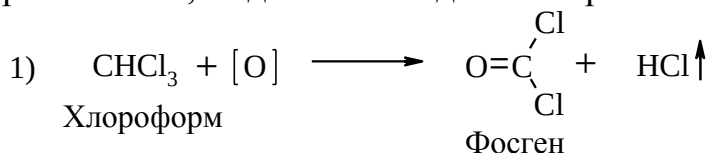
Медико-биологическое значение, физиологическое действие и применение в народном хозяйстве

Введение галогена в алифатический углеводород оказывает сильное влияние на физиологическую активность соединения. Метилхлорид (CH_3Cl), этилхлорид ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$), хлороформ (CHCl_3) обладают наркотическим действием. Введение хлора в ароматическое ядро увеличивает токсичность соединения, а введение галогенов в боковую цепь рядом с ароматическим кольцом приводит к появлению слезоточивых свойств, например, в случае бензилгалогенидов.

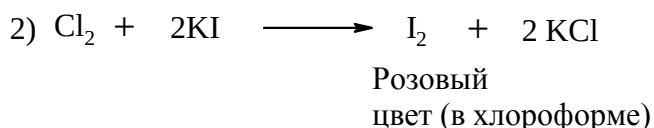
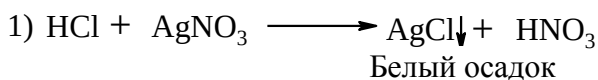
Этилхлорид ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$) применяется как местноанестезирующее (обезболивающее) средство. Действие обусловлено быстрым испарением ввиду низкой $t^\circ_{\text{кип.}} = +13^\circ\text{C}$, вызывающим сильное охлаждение.

Хлороформ (CHCl_3) – средство для ингаляционного наркоза. Его преимущество – невоспламеняемость и быстрое действие. Относительно токсичен.

Хлороформ под влиянием света и кислорода воздуха окисляется с образованием ядовитого фосгена, который при дальнейшем окислении разлагается, выделяя свободный хлор:

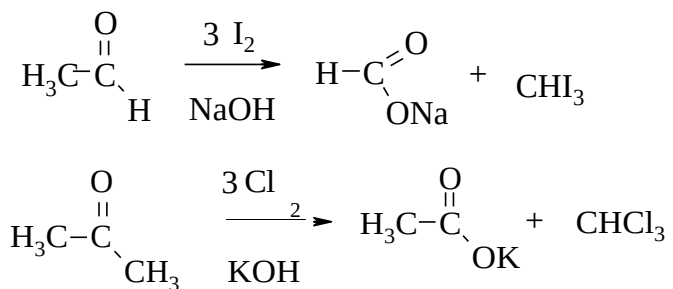


Эти процессы приводят в негодность медицинский препарат. Доброкачественность хлороформа проверяют следующими реакциями:



Иодоформ (CHI_3) – антисептическое (обеззараживающее) средство, используется наружно в виде присыпок и мазей.

Получают галоформы реакцией галоформного расщепления карбонильных соединений, содержащих ацетильную группу:



Фторотан ($\text{CF}_3\text{-CHClBr}$) – наркотическое средство для общего наркоза, одно из самых эффективных средств. Имеет ряд преимуществ перед хлороформом (мало токсичен, почти не дает стадии возбуждения, наркоз быстро проходит).

Трихлорэтилен ($\text{CCl}_2=\text{CHCl}$) – мощное наркотическое средство, особенно при необходимости кратковременного наркоза.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Щелочной гидролиз алкилгалогенидов

Реактивы и оборудование: этилиодид, бутилхлорид, амилхлорид, октилбромид, 10%-ный раствор гидроксида натрия, 1%-ный раствор нитрата серебра, 20%-ная азотная кислота, пипетки, обратные холодильники, пробирки.

Используют несколько алкилгалогенидов с различной подвижностью галогена. В несколько пробирок наливают по 1 мл исследуемых алкилгалогенидов и каждый из них 1 раз промывают водой. Для этого в каждую пробирку добавляют по 5 мл воды, смесь интенсивно встряхивают и после расслоения большую часть воды сливают. После промывания к алкилгалогенидам добавляют по 3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия, пробирки закрывают пробками с обратными холодильниками, содержимое пробирок интенсивно встряхивают. Смесь очень осторожно нагревают, не доводя до кипения. После охлаждения по 1 мл щелочного раствора переливают в другие пробирки, подкисляют 20%-ным раствором азотной кислоты и добавляют несколько капель 1%-ного раствора нитрата серебра. Наблюдают и отмечают произошедшие в пробирках изменения.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №5:

1. Запишите уравнения реакций всех проводимых в лабораторной работе опытов.
2. Объясните общий механизм реакций нуклеофильного замещения S_N у sp^3 -гибридизованного атома углерода. Покажите особенности $\text{S}_\text{N}1$ и $\text{S}_\text{N}2$ реакций на примере щелочного гидролиза этилиодида и *трет.*-бутилхлорида.
3. Почему могут конкурировать реакции S_N и E ? Объясните на примере реакции 2,3-диметил-3-бромпентана с водным раствором щелочи и со спиртовым раствором щелочи при нагревании. Объясните сущность правила Зайцева.
4. Известно, что слабые основания Бренстеда являются хорошими уходящими группами, но в разной степени. Напишите уравнение реакции 1-бром-4-хлорбутана с иодидом калия в ацетоне и объясните преимущественное образование одного из двух возможных продуктов. По какому механизму протекает эта реакция? Приведите его.

5. Приведите механизмы присоединения бромоводорода к пропилену в присутствии перекиси и без. В чем отличие этих двух реакций, какие бромпроизводные при этом образуются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. Изучение свойств хлороформа

Реактивы и оборудование: хлороформ, 10%-ный раствор гидроксида натрия, раствор иода в иодиде калия, 1%-ный раствор нитрата серебра, 20%-ный раствор азотной кислоты, обратные холодильники, пробирки, химические стаканы.

В пробирку наливают 1 мл хлороформа и 1 мл воды. Закрывают пробирку пробкой и интенсивно встряхивают. Через некоторое время образуются два слоя, так как хлороформ практически нерастворим в воде.

В пробирку наливают 1 мл хлороформа и добавляют несколько капель раствора иода в иодиде калия. Смесь интенсивно встряхивают. Через некоторое время нижний слой приобретает розовую окраску, так как хлороформ хорошо растворяет иод, который при встряхивании переходит из водного слоя в хлороформ.

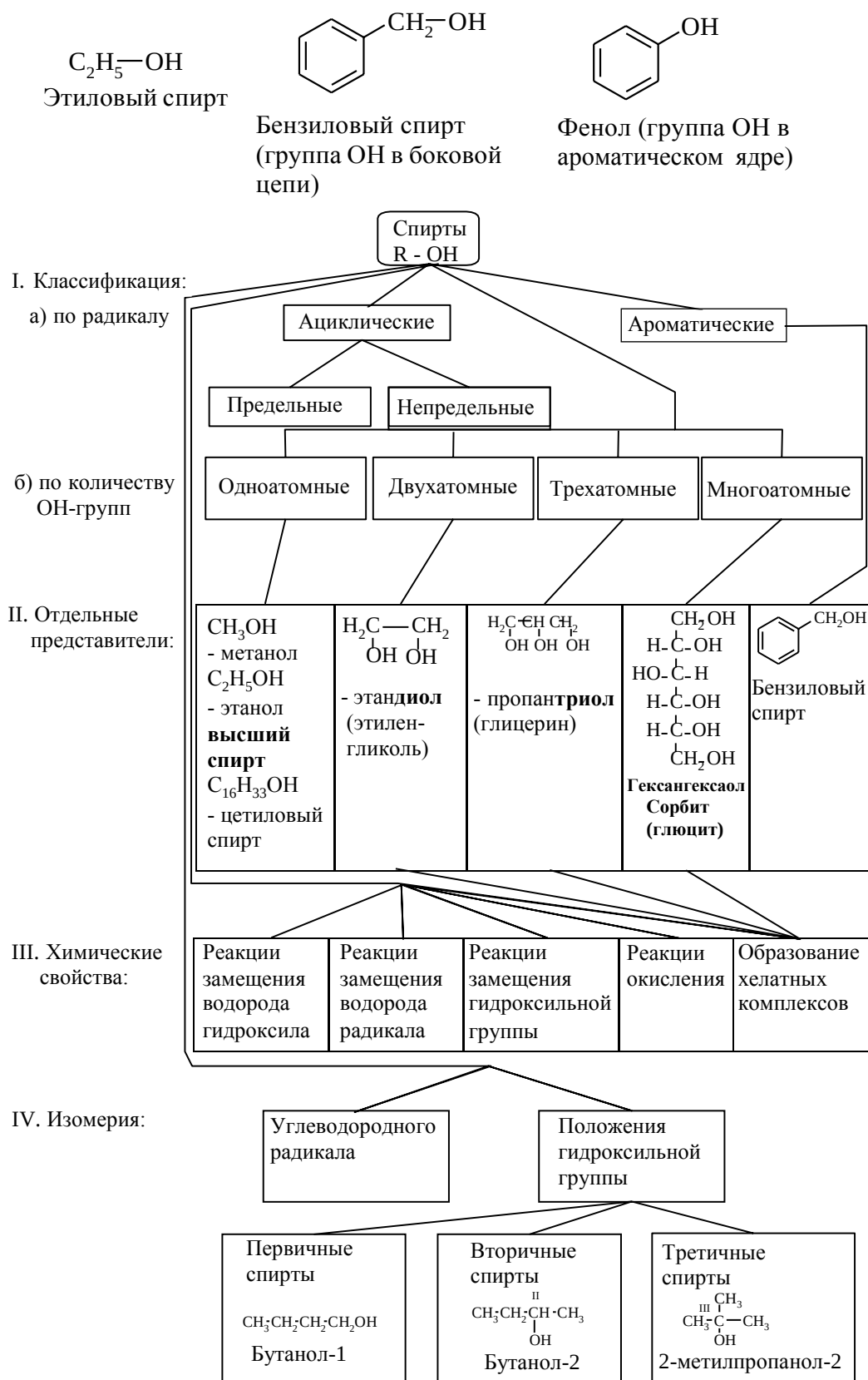
В пробирку наливают 1 мл хлороформа и 3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия. Пробирку закрывают пробкой с обратным холодильником. Смесь очень осторожно нагревают на газовой горелке до кипения, а затем охлаждают в ледяной бане. В этих условиях происходит гидролиз хлороформа с образованием хлорида натрия и натриевой соли муравьиной кислоты. Для обнаружения хлорид-ионов часть гидролизата отливают в другую пробирку и после подкисления 20%-ной азотной кислотой добавляют несколько капель нитрата серебра. Наблюдают выпадение белого творожистого осадка хлорида серебра.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №6:

1. Запишите уравнения реакций всех проводимых в лабораторной работе опытов.
2. Приведите механизм синтеза хлороформа из ацетальдегида, хлора и раствора едкого кали. В чем заключается применение иодоформа в медицинской и фармацевтической практике?
3. Приведите механизм синтеза иодоформа из ацетона, иода и раствора едкого натра. В чем заключается применение хлороформа в медицинской практике и химическом синтезе?
4. Приведите механизм поэтапного фотохимического хлорирования метана (до тетрахлорметана) промежуточным продуктом которого является хлороформ. Объясните, в чем заключаются стадии зарождения, роста и обрыва цепи.
5. В одной пробирке смешали равные объемы воды и бензола, а в другой воды и хлороформа. С точки зрения физических свойств воды, бензола и

хлороформа объясните распределение органической и неорганической фаз в обоих случаях.

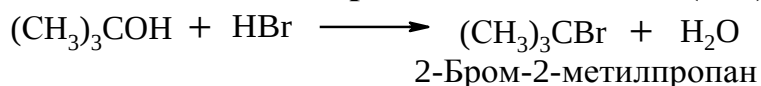
Спирты. Фенолы



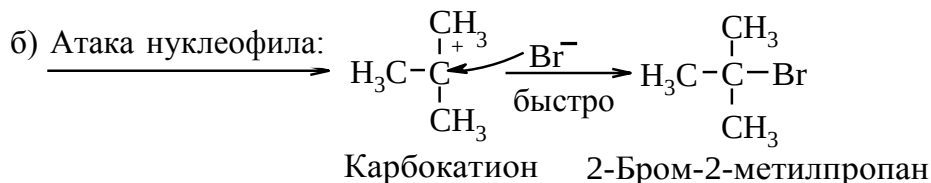
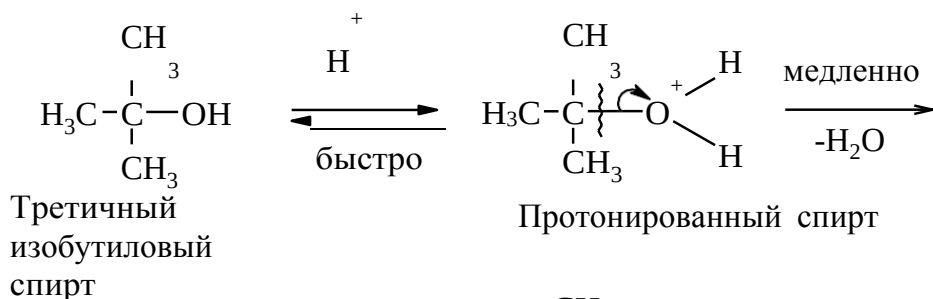
Соединения алифатического ряда, содержащие одну или несколько гидроксильных групп, называются спиртами; аналогичные производные

ароматических углеводородов, содержащие гидроксильную группу в кольце, называются фенолами. Спирты, подобно галогенопроизводным, способны к реакциям нуклеофильного замещения, они проходят по типу мономолекулярного нуклеофильного замещения S_N1 , либо по бимолекулярному S_N2 . Поскольку OH^- является плохо уходящей группой, то отщеплению гидроксила предшествует протонирование спирта, необходимое для превращения плохо уходящей гидроксильной группы в ион оксония $-O^+H_2$ (хорошая уходящая группа – H_2O).

Реакция замещения гидроксила на галоген (S_N1)



Механизм: а) Протонирование спирта необходимо, т.к. OH^- - плохо уходящая группа в отличие от H_2O , которая является хорошо уходящей группой:



Взаимодействие спиртов с реактивом Лукаса

Спирты довольно легко реагируют и с HI и с HBr , что объясняется силой этих кислот и нуклеофильностью их анионов. Соляная кислота - менее сильная кислота, чем HI и HBr , а анион Cl^- - менее нуклеофилен, чем I^- или Br^- . Благодаря этим свойствам соляную кислоту можно использовать для простого определения характера спирта, т. е. является ли он первичным, вторичным или третичным. Если смесь концентрированной соляной кислоты и безводного хлорида цинка, известную как реактив Лукаса, прибавлять к спиртам, то наблюдается следующее:

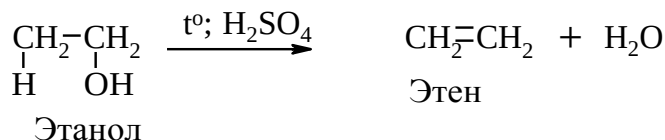
третичный спирт: мгновенная реакция; выделение тепла; немедленно выделяется масло (т. е. образуются два слоя);

вторичный спирт: реакция происходит не мгновенно, а в течение 5-10 мин; не наблюдается выделения тепла; иногда требуется дополнительное нагревание;

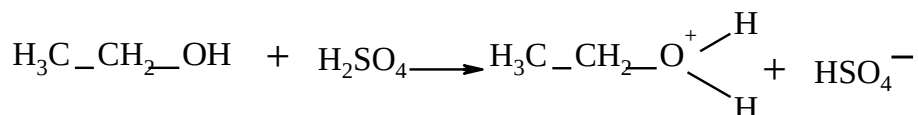
первичный спирт: реакция не происходит даже при стоянии в течение часа при комнатной температуре и при нагревании.

Этот порядок реакционной способности отражает порядок устойчивости катионов (т. е. третичный > вторичный > первичный) и легкость превращения спирта в алкилхлорид через соответствующий карбокатион.

Реакция внутримолекулярной дегидратации (E2).



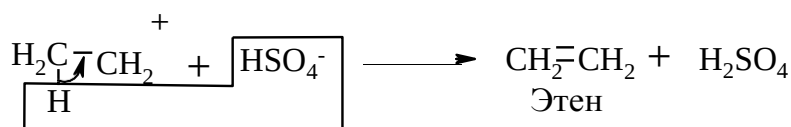
Механизм: а) Протонирование спирта:



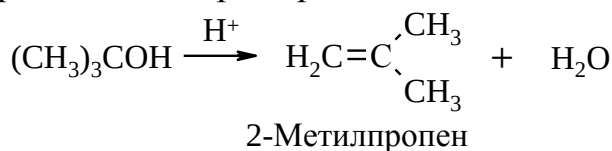
б) Образование карбокатиона:



в) Заключительный этап реакции:



В случае третичных спиртов реакция идет по механизму E1:



Механизм:

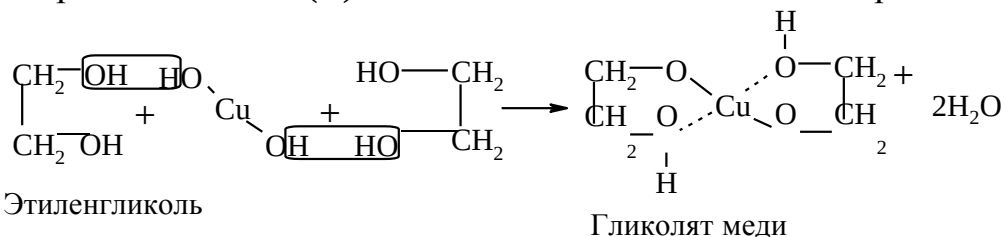


В реакциях отщепления галогеноводорода от алкилгалогенида или воды от спирта наблюдается преимущественное отщепление протона от наименее гидрогенизированного атома углерода – правило Зайцева.

Свойства многоатомных спиртов

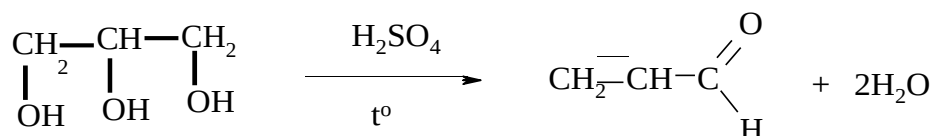
Многоатомные спирты по свойствам в значительной степени напоминают одноатомные. Гидроксильные группы в них могут быть первичными, вторичными, третичными, причем в реакции могут вступать одна или несколько гидроксильных групп.

Многоатомные спирты с гидроксидами некоторых тяжелых металлов в щелочной среде образуют внутрикомплексные («хелатные») соединения, имеющие характерное окрашивание. В частности, при взаимодействии с гидроксидом меди (II) возникает интенсивное синее окрашивание.

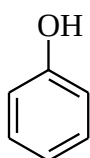


Эта реакция может быть использована как качественная для открытия двух и более гидроксильных групп (реакция на диольный фрагмент). Аналогично реакция протекает и с другими многоатомными спиртами, например с глицерином.

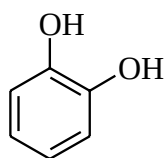
При нагревании глицерина с концентрированной серной кислотой в результате реакции дегидратации образуется непредельный альдегид пропеналь (акролеин).



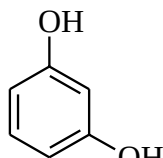
Фенолы



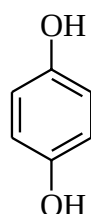
Фенол



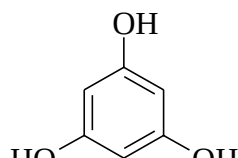
Пирокатехин



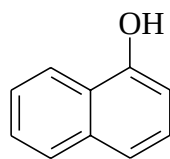
Резорцин



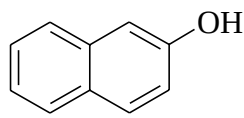
Гидрохинон



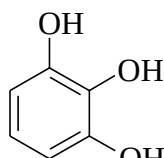
Флороглюцин



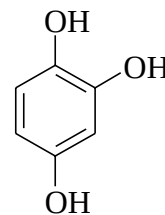
α -нафтол



β -нафтол



Пирогаллол



Оксигидрохинон

Качественной реакцией на фенольный гидроксил является реакция с FeCl_3 – сине-фиолетовое окрашивание, обусловленное образованием комплексных соединений железа.

Медико-биологическое значение, физиологическое действие и применение в народном хозяйстве

Метиловый спирт (метанол, древесный спирт, CH_3OH) – сильный сосудистый и нервный яд. При приеме 15 мл метилового спирта поражается зрительный нерв и сетчатка глаза, в 50% случаев наступает частичная или полная потеря зрения, а также поражения блуждающего, слухового, а иногда и тройничного и обонятельного нервов. В организме метиловый спирт окисляется в муравьиный альдегид и муравьиную кислоту, которые и обуславливают токсическое действие метилового спирта. Смертельная доза 30-60 мл.

Этиловый спирт (этанол, винный спирт, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) действует опьяняюще, а в больших дозах вызывает состояние, близкое к наркозу. Используется для приготовления настоек и в качестве обеззараживающего средства. При длительном приеме (у взрослых 5-10 лет, а в юношеском возрасте 1 год) возникает психологическая и физическая зависимость, которая называется хроническим алкоголизмом или алкогольной наркоманией. При больших концентрациях алкоголя блокируется центр дыхания в продолговатом мозге, состояние опьянения переходит в смерть. Смертельная доза этилового спирта 7-8 г на 1 кг веса тела.

Фенол (карболовая кислота, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) – первый антисептик, введенный в хирургию. Токсичен и может вызвать ожог кожи. 5%-ный раствор фенола служит эталоном, с которым сравнивают бактерицидность всех других препаратов. Фенол широко используется для производства пластмасс, лекарственных средств, красителей, взрывчатых веществ.

Этиленгликоль (этандиол-1,2; $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$) – токсичная высококипящая жидкость, температура плавления – 16°C , температура кипения $+197^\circ\text{C}$.

Используется в технике для приготовления антифризов – жидкостей с низкой температурой замерзания, применяющихся для охлаждения двигателей внутреннего сгорания, особенно в зимнее время.

Глицерин (пропантриол-1,2,3; $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$) – нетоксичная, вязкая, бесцветная жидкость сладкого вкуса. Широко распространен в природе; входит в состав большинства омыляемых липидов. Применяется как компонент мазей для смягчения кожи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. Свойства одноатомных предельных спиртов

Реактивы и оборудование: спирты (этиловый, пропиловый, бутиловый, амиловый или изоамиловый), сульфат меди (II) кристаллический, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, синяя и красная лакмусовая бумага, фарфоровые чашки, лучинки, пробирки, пипетки, мерные цилиндры.

В четыре пробирки наливают по 2 мл воды и в каждую добавляют по 0,5 мл этилового, пропилового, бутилового, амилового или изоамилового спирта соответственно. Пробирки хорошо встряхивают. Наблюдают растворимость спиртов в воде.

На синюю и красную лакмусовые бумажки наносят по 1 капле каждого из полученных спиртовых растворов. В каждую из четырех пробирок со спиртовыми растворами вносят по 1 капле 1%-ного раствора фенолфталеина, наблюдая, изменяется ли окраска растворов.

В три фарфоровые чашки наливают по 1 мл этилового, бутилового и амилового спиртов. Спирты поджигают и наблюдают характер горения.

Абсолютирование этилового спирта

В маленькую фарфоровую чашку или фарфоровый тигель помещают примерно 1 г кристаллического сульфата меди (II) и прокаливают его в пламени горелки до исчезновения голубой окраски. В сухую пробирку наливают 2-3 мл этилового спирта и вносят в него полученный безводный сульфат меди (белого цвета). Слегка нагревают пробирку и размешивают ее содержимое. Полученный абсолютный этиловый спирт переливают в сухую пробирку.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №7:

1. Какой растворитель называется абсолютным? Как достигается такое состояние растворителя? Приведите примеры.
2. Запишите уравнения реакций окисления и восстановления спиртов. Какие продукты при этом могут образовываться?
3. Объясните причины пагубного влияния на организм этилового и метилового спиртов. Запишите уравнения окисления этих спиртов под действием ферментов алкогольдегидрогеназ (АДГ).
4. Сравните кислотные и основные свойства спиртов, используемых в работе. Расположите спирты в порядке убывания кислотных и основных свойств, рассмотрев соответствующие сопряженные частицы.
5. Напишите формулы этилового, пропилового, бутилового, амилового и изоамилового спиртов и назовите их по рациональной (карбинольной) номенклатуре.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. Высаливание этилового спирта и взаимодействие спиртов с реактивом Лукаса

Реактивы и оборудование: этиловый спирт, пропиловый спирт, изопропиловый спирт, *трет.*-бутиловый спирт, реактив Лукаса (раствор хлорида цинка в концентрированной соляной кислоте), карбонат калия кристаллический, фарфоровые чашки, пипетки, пробирки.

Высаливание этилового спирта из его водного раствора

В пробирку наливают 3 мл этилового спирта и при встряхивании добавляют 3 мл дист. воды. 2 мл полученного раствора отливают в фарфоровую чашку и подносят к нему зажженную лучинку. Загорается ли разбавленный спирт?

К остатку в пробирке добавляют примерно 2 г порошкообразного поташа, энергично взбалтывают содержимое пробирки и ставят пробирку в штатив. После расслоения верхний слой (этиловый спирт) пипеткой переносят в фарфоровую чашку и снова подносят к нему горящую лучинку. Воспламенится ли спирт?

Взаимодействие различных спиртов с реактивом Лукаса

В 3 сухие пробирки приливают по 1 мл спиртов (пропиловый, изопропиловый, *трет.*-бутиловый), затем в каждую добавляют по 3 мл реактива Лукаса, перемешивают и оставляют стоять 3-5 мин.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы №8:

1. В чем заключается эффект высаливания ПАВ из их растворов? Расположите следующие анионы в порядке их способности к сольватации и соответственно лучшему высаливающему эффекту:
 Cl^- , CH_3COO^- , CO_3^{2-} , Br^- , NO_3^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SO_4^{2-} .
2. Напишите уравнения реакций и объясните различную скорость взаимодействия этанола, *втор.*-бутанола и 2-метилбутанола-2 с реактивом Лукаса.
3. Объясните тот факт, что аллиловый спирт, не являющийся третичным, гораздо быстрее реагирует с реактивом Лукаса нежели *втор.*-бутанол.
4. Объясните тот факт, что бензиловый спирт, не являющийся третичным, гораздо быстрее реагирует с реактивом Лукаса нежели *втор.*-бутиловый и даже *трет.*-бутиловый спирты.
5. В чем заключается роль кислотного катализа в реакциях нуклеофильного замещения и элиминирования в ряду спиртов? Почему могут конкурировать реакции S_N и E?