

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УМР

А.А. Панфилов

« 10 » 11

2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Органическая химия

Направление подготовки 06.03.01 «Биология»

Профиль подготовки «Общая биология»

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения заочная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточно- го контроля (экз./зачет)
3 семестр	3 (108 ч)	6	-	8	67	Экзамен (27 ч)
Итого	3 (108 ч)	6	-	8	67	Экзамен (27 ч)

Владимир, 2014

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Органическая химия - одна из фундаментальных дисциплин для студентов естественно-научных направлений, в том числе 06.03.01 «Биология». Преподавание органической химии в университетах ставит своей главной целью раскрыть смысл основных закономерностей превращений органических соединений, научить студента пользоваться основными механизмами реакций и предсказывать направления реакций, предсказывать свойства соединений на основе их строения, уметь предложить способы синтеза заданных соединений и осуществить практический синтез заданных соединений в лаборатории, определять структуру органических соединений по их спектральным данным.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРУ ОПОП ВО

Дисциплина «Органическая химия» изучается в базовой части ОПОП.

Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых студентами необходимо для изучения дисциплины "Органическая химия":

1. Неорганическая химия (общая) (строение атома, электроотрицательность, химическая связь: типы связей, энергия связей, химические реакции, окислители и восстановители, кислоты и основания, комплексные соединения).
2. Физика (поляризованный свет, законы поглощения и отражения света).
3. Математика (симметрия и асимметрия).
4. Философия (категории и законы материалистической диалектики, теория познания).

Органическая химия является фундаментом для изучения последующих курсов ОПОП, таких как «Аналитическая химия», «Физическая и коллоидная химия», «Биохимия и молекулярная биология», «Цитология и гистология». Предмет необходим для выполнения выпускной квалификационной работы и профессиональной деятельности бакалавра.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует следующие компетенции:

- способность использовать экологическую грамотность и базовые знания в области физики, химии, наук о Земле и биологии в жизненных ситуациях; прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, нести ответственность за свои решения (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины «Органическая химия» студент должен:

### Знать:

- основы современных теорий в области органической химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач.

### Уметь:

- самостоятельно ставить синтетическую задачу, выбирать оптимальные пути и методы синтеза и анализа, обсуждать результаты исследований, ориентироваться в современной литературе по органической химии.
- проводить стандартные органические синтезы, определение констант, подготовку образцов для физико-химических исследований, пользоваться справочной литературой по органической химии.

### Владеть:

- теоретическими представлениями органической химии, знаниями о составе, строении и свойствах органических веществ – представителей основных классов органических соединений: углеводов, гомофункциональных соединений, гетерофункциональных соединений;
- основами органического синтеза и физико-химическими методами анализа органических соединений.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	<i>Введение. Основные понятия. Методы выделения и очистки органических веществ Физические методы исследования в органической химии</i>	3		2		8	2 4 2	5/50	
2	<i>Углеводороды.</i>	3		2			2		
2.1	Алканы						2		
2.2	Алкены						2		
2.3	Диены						2		
2.4	Алкины						2		
2.5	Алициклические углеводороды						2		
2.6	Ароматические углеводороды						4		
3	<i>Галогенпроизводные.</i>	3							
3.1	Алифатические галогенпроизводные						2		
3.2	Ароматические галогенпроизводные						2		
4	<i>Гидроксилсодержащие производные</i>	3		1					
4.1	Спирты						4		
4.2	Фенолы						2		
5	<i>Простые эфиры</i>	3					2		
6	<i>Азотсодержащие производные</i>	3							
6.1	Нитросоединения						2		
6.2	Амины						2		
6.3	Азо- и diaзосоединения						2		
7	<i>Карбонильные соединения</i>	3							
7.1	Предельные карбонильные соединения						4		
7.2	Непредельные карбонильные соединения						2		
7.3	Ароматические карбонильные соединения						2		
8	<i>Карбоновые кислоты</i>	3		1					
8.1	Предельные карбоновые кислоты						4		

8.2	Непредельные карбоновые кислоты					2		
8.3	Ароматические карбоновые кислоты					2		
8.4	Многоосновные карбоновые кислоты					2		
9	<i>Гетерофункциональные соединения</i>	3						
9.1	Гидроксикислоты					2		
9.2	Аминокислоты					2		
9.3	Оксокислоты					2		
9.4	Углеводы					3		
	<b>Итого</b>	<b>3</b>		<b>6</b>		<b>8</b>	<b>67</b>	<b>5/36</b>
								<b>Экзамен (27 ч)</b>

## СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

### ***Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ (2 часа)***

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.

### ***Раздел 2. УГЛЕВОДОРОДЫ (обзорная лекция, 2 часа). Рассматриваются обзорно ациклические, алициклические и ароматические углеводороды.***

Гомологический ряд алканов, алкенов, алкинов, циклоалканов, аренов. Общая формула. Изомерия. Номенклатура: рациональная и систематическая. Алкильные радикалы, их названия.

Природные источники углеводородов: нефть, природный газ.

Способы получения: принципиальные отличия промышленных и лабораторных способов.

Строение углеводородов: типы гибридизации, валентный угол, длина связей, форма молекул.

Закономерности изменения физических свойств в гомологическом ряду.

Общая характеристика химических свойств углеводородов: влияние строения на химическое поведение.

Использование углеводородов в органическом синтезе.

### ***Раздел 4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ (обзорная лекция, 1 час). Рассматриваются обзорно спирты и фенолы. Основное внимание уделяется спиртам, как наиболее типичным представителям класса.***

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

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

Химические свойства. Кислотность. Реакции с галогеналканами, с галогеноводородными кислотами, галогенидами фосфора, с минеральными кислотами. Реакции отщепления: внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация. Ацилирование спиртов (образование сложных эфиров карбоновых кислот). Окисление и дегидрирование.

**Раздел 8. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ (обзорная лекция, 1 час). Основное внимание уделяется предельным одноосновным карбоновым кислотам и их производным.**

Номенклатура карбоновых кислот (тривиальная, рациональная, систематическая). Общие способы получения карбоновых кислот: из углеводородов, спиртов, альдегидов и кетонов (окисление); из галогенопроизводных (через нитрилы и по реакции Гриньяра), гидролизом производных кислот.

Химические свойства. Кислотные свойства. Реакции кислот со щелочами, карбонатами, гидрокарбонатами, металлами, реактивами Гриньяра

Функциональные производные карбоновых кислот. Галогенангидриды, сложные эфиры, ангидриды, амиды, нитрилы. Способы получения и важнейшие свойства. Гидролиз производных кислот.

### Лабораторные работы

№ п/п	Раздел курса	Название лабораторной работы
1.	Методы выделения и очистки органических веществ (8 ч)	Перегонка смеси при атмосферном давлении. Перекристаллизация. Определение основных физико-химических показателей органических веществ (температура кипения, температура плавления, показатель преломления)

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении курса во время лабораторных занятий студентам предлагается **работа в малых группах**:

- учебная группа разбивается на несколько небольших групп — по 2-3 человека
- каждая группа получает своё задание
- процесс выполнения задания в группе осуществляется на основе обмена мнениями, оценками.

Групповая работа стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества.

При формировании групп учитываются два признака: уровень учебных успехов студентов; характер межличностных отношений. В группу подбираются студенты, между которыми сложились отношения доброжелательности, в этом случае в группе возникает психологическая атмосфера взаимопонимания и взаимопомощи, снимаются тревожность и страх. В ряде случаев студентам самим предлагается разбиться на группы, состав которых, впоследствии, может корректироваться для повышения качества работы. На базе сформированных групп возможно проведение **ролевых игр** для решения поставленных преподавателем задач.

При изучении теоретического курса используются **методы ИТ** - применение компьютеров для доступа к интернет-ресурсам, для расширения информационного поля, обеспечения удобства преобразования и структурирования информации для трансформации её в знание.

Преподнесение теоретического материала осуществляется с помощью электронных средств обучения при непосредственном прочтении данного материала лектором.

Некоторые разделы теоретического курса изучаются с использованием **опережающей самостоятельной работы**: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются тесты.

В лабораторном практикуме используется **метод проблемного обучения**: студент

получает задание на синтез, методику которого должен подобрать и изучить самостоятельно, исходя из имеющихся реактивов.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль успеваемости и самостоятельной работы студентов осуществляется по результатам проведения следующих контрольных мероприятий:

№	Контролируемый раздел дисциплины	Наименование оценочного средства
2.1	Алканы	Тест 1
2.2- 2.3	Алкены и Диены	Тест 2
2.4	Алкины	Тест 3
2.6	Ароматические углеводороды	Тест 4
3	Галогенпроизводные	Тест 5
4	Гидроксилсодержащие производные	Тест 6, 7
6	Карбонильные соединения	Тест 8
7	Карбоновые кислоты	Тест 9

### **Вопросы для проведения экзамена**

1. Гомологический ряд алканов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции замещения: галогенирование, нитрование.
2. Гомологический ряд алкенов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции электрофильного присоединения.
3. Направление присоединения кислот к несимметричным алкенам (правило Марковникова и его современное объяснение). Строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов. Перекисный эффект Караша и его объяснение.
4. Реакции высокотемпературного галогенирования алкенов. Строение и относительная устойчивость радикалов аллильного типа.
5. Окисление и озонолиз алкенов.
6. Мономеры, олигомеры, полимеры. Полимеризация и сополимеризация алкенов и диенов. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.
7. Строение сопряженных диенов. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения к диеновым углеводородам. Зависимость направления присоединения от температуры.
8. Гомологический ряд алкинов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции присоединения водорода, галогенов, галогеноводородов, кислот и HCN.
9. Строение и причина кислых свойств алкинов с концевой тройной связью. Получение ацетиленидов. Присоединение спиртов и воды.
10. Алициклические углеводороды. Современные представления о строении циклоалканов. Конформации циклогексана.
11. Химические свойства циклоалканов: гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование. Связь между строением и реакционной способностью циклоалканов.
12. Строение бензола и общая характеристика свойств ароматических углеводородов. Механизм электрофильного замещения. Характеристика  $\pi$  и  $\sigma$  комплексов.
13. Реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования и ацилирования бензола. Способы генерирования электрофильной частицы в реакционной среде.

14. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; активирующие и дезактивирующие о-, п- ориентанты.
15. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; дезактивирующие м- ориентанты.
16. Дзамещенные бензолы: согласованная и несогласованная ориентация.
17. Механизм замещения галогена в первичных галогеналканах. Влияние различных факторов на скорость реакции.
18. Механизм замещения галогена в третичных галогеналканах. Влияние различных факторов на скорость реакции.
19. Получение из галогеналканов: спиртов, простых и сложных эфиров, нитритов, нитрилов, аминов. Реакции галогеналканов с металлами (Na, Mg).
20. Причина и механизм (E2 и E1) реакций элиминирования галогеналканов.
21. Строение и реакционная способность аллилгалогенидов и винилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения.
22. Галогенпроизводные ароматических углеводов. Причина инертности хлорбензола в реакциях нуклеофильного замещения. Механизм замещения галогена в неактивированных соединениях.
23. Причина инертности ароматических галогенпроизводных в реакциях нуклеофильного замещения. Механизм замещения галогена в активированных соединениях.
24. Хлористый бензил. Его строение и реакционная способность в реакциях нуклеофильного замещения. Замена галогена на различные группы (примеры реакций).
25. Получение магнийорганических соединений (реактивы Гриньяра). Их строение и свойства: взаимодействие с ацетиленовыми углеводородами с концевой тройной связью, спиртами, кислотами, карбонильными соединениями, диоксидом углерода.
26. Строение одноатомных спиртов. Спирты как ассоциированные жидкости. Причина кислотности спиртов. Реакции образования алкоколятов.
27. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоколят-анионов. Особенности SN<sub>2</sub> реакций спиртов.
28. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоколят-анионов. Особенности SN<sub>1</sub> реакций спиртов.
29. Химические свойства спиртов: реакции с галогеноводородными кислотами, PCl<sub>5</sub>, внутри- и межмолекулярная дегидратация, ацилирование и окисление.
30. Получение симметричных и несимметричных простых эфиров (планирование синтеза Вильямсона). Химические свойства простых эфиров: основность, образование оксониевых комплексов, расщепление.
31. Одноатомные фенолы. Причина кислых свойств фенолов. Электрофильное замещение в ядро фенолов.
32. Строение нитрогруппы. Таутомерные превращения нитроалканов. Подвижность водорода при α-углеродном атоме.
33. Нитробензол. Восстановление в кислой и щелочной среде.
34. Строение аминов: гибридизация атома азота, конфигурация молекулы амина, межмолекулярные водородные связи. Связь между строением и основностью амина.
35. Реакции аминов с кислотами, алкилирование и ацилирование аминов. Реакции с азотистой кислотой. Реакции ароматических аминов с альдегидами.
36. Диазосоединения: строение и получение. Реакции с выделением и без выделения азота.
37. Строение карбонильной группы. Химические свойства алифатических карбонильных соединений: присоединение спиртов, гидросульфита натрия, синильной кислоты, пятихлористого фосфора, реактивов Гриньяра.
38. Реакции альдегидов и кетонов с аммиаком и его производными: гидразином, гидросиламином, фенилгидразином.
39. Причина реакционной способности водорода у α-углеродного атома. Кето-енольная таутомерия. Механизм альдольно-кетоновой конденсации.
40. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов. Реакция Канниццаро.

41. Строение и особенности химических свойств  $\alpha,\beta$ -непредельных альдегидов и кетонов (реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения).
42. Реакционная способность ароматических альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения (реакция с синильной кислотой и гидросульфитом натрия). Окисление и восстановление.
43. Реакции конденсации ароматических альдегидов и кетонов: конденсация с алифатическими альдегидами и кетонами, реакция Перкина, перекрестная реакция Канниццаро. Их механизмы.
44. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Кислотные свойства одноосновных карбоновых кислот. Реакции кислот с металлами, щелочами, карбонатами, реактивами Гриньяра.
45. Реакция этерификации, ее механизм. Декарбоксилирование и восстановление кислот.
46. Получение производных кислот: солей, амидов, нитрилов, ангидридов и галогенангидридов, сложных эфиров. Гидролиз производных кислот. Реакционная способность производных в реакциях нуклеофильного присоединения.
47. Особенности химических свойств  $\alpha,\beta$ -непредельных кислот. Акриловая и метакриловая кислоты, акрилонитрил.
48. Особенности физических и химических свойств двухосновных кислот. Кислотность. Реакции декарбоксилирования.
49. Малоновый эфир и синтезы на его основе.
50. Кислотные свойства ароматических карбоновых кислот. Влияние природы и расположения заместителей на силу кислот.
51. Гидроксикислоты: особенности химических свойств  $\alpha,\beta,\gamma$ - гидроксикислот.
52. Аминокислоты: особенности физических и химических свойств  $\alpha,\beta,\gamma$ - аминокислот. Биполярный ион.
53. Углеводы: классификация, строение, конфигурация.
54. Моносахариды: глюкоза и фруктоза.
55. Химические свойства углеводов: восстановление, окисление, реакции с синильной кислотой.
56. Алкилирование, ацилирование углеводов,
57. Взаимодействие углеводов с производными аммиака (гидроксиламином, фенилгидразином).
58. Дисахариды: лактоза, мальтоза, целлобиоза, сахароза. Строение, свойства и распространение в природе.
59. Полисахариды: крахмал. Строение, свойства и распространение в природе.
60. Полисахариды: целлюлоза. Строение, свойства

### **Самостоятельная работа студентов**

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

1. Изучение теоретического материала с использованием рекомендованной литературы.
2. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы.
3. Подготовка к текущему контролю – тестированию.
4. Подготовка к промежуточной аттестации с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточной аттестации.

Студенты заочной формы обучения в основном изучают дисциплину самостоятельно, так как лекционный курс является обзорным. При этом студенты используют учебно-



методическую литературу, представленную в данной программе, согласно тематическому плану курса и в соответствии со следующим перечнем основных тем и вопросов.

## Содержание курса (для самостоятельного изучения)

### 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Способы изображения молекул органических соединений, молекулярные, структурные и электронные формулы.

Типы углеродного скелета, ациклические, циклические и гетероциклические соединения. Изомерия. Гомология.

Основные функциональные группы и классы органических соединений.

Основы номенклатуры органических соединений

Заместительная номенклатура ИЮПАК. Основные принципы построения названий органических соединений, родоначальная структура, характеристические группы. Названия нефункциональных заместителей, функциональных групп, предельных и непредельных радикалов. Старшинство функциональных групп.

Основные правила составления заместительных названий органических соединений, выбор и нумерация главной цепи, правило наименьших локантов.

Названия основных классов органических соединений, сложных поли- и гетерофункциональных соединений.

Типы связей, промежуточные частицы в органических реакциях.

Электронные эффекты.

Кислоты и основания.

Углерод, электронная конфигурация; гибридизация углерода в органических соединениях. Типы химических связей в органических соединениях ( $\sigma$ ,  $\pi$ -связь). Физические характеристики связей: энергия, длина, полярность, поляризуемость.

Гомолитический, гетероциклический разрыв связей.

Понятие о промежуточных частицах, строение промежуточных частиц (радикалы, карбокатионы, карбанионы).

### ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**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.

## 2. УГЛЕВОДОРОДЫ

### 2.1. Алканы

Строение, гомология, природа С-С и С-Н связей, изомерия, геометрия молекулы, межатомные расстояния. Вращение вокруг С-С связей. Понятие о конформациях на примере конформаций этана и бутана. Понятие о пространственных препятствиях. Конформации *гош*-, *анти*-, *заслоненные*.

Химические свойства алканов. Гомо- и гетеролитический разрыв связи. Хлорирование метана. Механизм цепной радикальной реакции. Относительные скорости хлорирования С-Н связей различного типа (первичных, вторичных, третичных). Строение алкильных радикалов, их стабильность. Гиперконъюгация. Селективность хлорирования и бромирования алканов. Избирательность реакции и температура. Другие радикальные реакции алканов. Крекинг термический. Окисление, горение.

Методы получения алканов (использование металлоорганических соединений, гидрирование непредельных соединений, электролиз солей карбоновых кислот).

## 2.2. Алкены

Электронное строение двойной связи C=C. Энергия  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи в этилене. Геометрическая изомерия: *цис-транс*-номенклатура.

Гидрирование алкенов.

Понятие о нуклеофильных и электрофильных реагентах.

Электрофильное присоединение к алкенам. Общее представление о механизме реакций, ониевые ионы, скорость определяющая стадия. Стереоселективность процесса.

Присоединение хлора и брома к алкенам. Механизм, стереохимия, влияние заместителей на стереохимию присоединения

Гидрогалогенирование. Региоселективность электрофильного присоединения к алкенам. Правило Марковникова. Стабильность интермедиата (карбокатиона). Влияние заместителей при C=C связи на скорость присоединения. Исключения из формального правила Марковникова: (1) присоединение к электронодефицитным алкенам, (2) присоединение боранов, (3) радикальное присоединение. Расширенное толкование правила Марковникова.

Озонолиз алкенов. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов.

Окисление алкенов до диолов и эпоксидов: гидроксילирование перманганатом калия по Вагнеру, тетраоксидом осмия, гидроксילирование через гидролиз эпоксидов по Прилежаеву. Свободнорадикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу, инициаторы реакции, механизм.. Аллильное галогенирование: получение хлористого аллила из пропилена в газовой фазе.

Полимеризация алкенов: катионная, анионная, радикальная. Синтез алкенов: реакции элиминирования, стереоселективное гидрирование алкинов, реакция Виттига-Хорнера, метатезис алкенов, реакция Хека, крекинг и дегидрирование алканов.

## 2.3. Алкины

Электронная природа тройной углерод-углеродной связи. Строение ацетилена. Стереоселективное гидрирование алкинов. CН-кислотность алкинов. Использование ацетиленидов в органическом синтезе. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов. Гидратация алкинов (реакция Кучерова).

Окислительная димеризация терминальных алкинов в присутствии соединений меди. Нуклеофильное присоединение к алкинам. Синтез виниловых эфиров.

Методы синтеза алкинов: использование реакций элиминирования, ацетиленидов металлов, реакции, катализируемые переходными металлами, миграция тройной связи, реакция Фаворского-Реппе.

## 2.4. Алкадиены

Диены: а) сопряжённые, б) аллены. *s-цис*- и *s-транс*-конформации. 1,2- и 1,4-присоединение к сопряженным диенам. Кинетически и термодинамически контролируемые реакции. Реакция Дильса-Альдера как метод образования C-C связей и синтеза шестичленных циклов. Диены и диенофилы. Механизм реакции.

Методы получения сопряженных диенов в промышленности и в лаборатории, использование реакций, катализируемых переходными металлами и их комплексами.

## 2.5. Алициклические углеводороды

Классификация алициклов. Типы напряжения в циклоалканах и подразделение циклов на малые, средние циклы и макроциклы. Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана, циклогексана. Конформационный анализ циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. Влияние конформационного положения

функциональных групп на их реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления и окисления.

Методы синтеза соединений ряда циклопропана и циклобутана. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Синтез соединений со средним размером цикла.

## **2.6. Ароматические углеводороды**

Строение бензола. Формула Кекуле. Ароматичность. Правило Хюккеля. Критерии ароматичности: энергетический, структурный, магнитный. Признаки ароматичности (реакционная способность).

Промышленные источники ароматических углеводородов. Риформинг. Лабораторные методы синтеза: кросс-сочетание, тримеризация ацетиленов, кетонов, реакция Фриделя-Крафтса, ароматизация циклоалканов, восстановление жирноароматических кетонов.

Свойства кольца и алифатической боковой цепи в ароматических углеводородах. Гидрирование. Восстановление по Бёрчу. Свободнорадикальное галогенирование толуола и его гомологов. Окисление боковой цепи алкилбензолов и поликонденсированных ароматических углеводородов.

Электрофильное замещение в ароматическом ряду.

Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций. Представление о  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексах. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.

Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм реакции галогенирования аренов и их производных. Сульфирование. Сульфирующие агенты. Механизм реакции

Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Полиалкилирование. Побочные процессы – изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов.

Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции.

## **3. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ**

### **3.1. Галогенопроизводные алифатического ряда**

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах, как метод создания связи углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-сера, углерод-фосфор: получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др. Типы нуклеофилов: анионы, нейтральные молекулы, растворители. Уходящие группы. Классификация по механизму:  $SN_1$  и  $SN_2$ . Влияние пространственных факторов на скорость реакций. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов. Методы генерирования карбокатионов. Понятие о ионных парах.

Винил-, фенил-, аллил- и бензил-галогениды и  $\alpha$ -галогенкарбонильные соединения в реакциях нуклеофильного замещения.

Природа нуклеофила. Нуклеофильность и основность. Поляризуемость и сольватация нуклеофила. Мягкость и жесткость нуклеофила. Конкуренция  $SN$  и  $E$  реакций.  $\alpha$ -Эффект. Влияние природы растворителя на протекание реакций нуклеофильного замещения, биполярные, апротонные растворители. Влияние природы уходящей группы. Оценка нуклеофугности группы. Методы создания хорошей уходящей группы: протонирование, эфиры сильных неорганических кислот, электрофильный катализ. Важнейшие примеры синтетического использования реакций нуклеофильного замещения. Методы синтеза алкилгалогенидов.

Реакции элиминирования.

Конкуренция с реакциями нуклеофильного замещения. Механизмы элиминирования (E1, E2). Основные закономерности протекания этих реакций: правила Гофмана и Зайцева. Использование реакций элиминирования для синтеза алкенов, диенов и алкинов.

### **3.2. Галогенопроизводные ароматического ряда**

Механизм присоединения-отщепления  $SN_{Ar}$ , примеры реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей.

Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины.

## **4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ**

### **4.1. Спирты**

Способы синтеза одноатомных спиртов: из алкенов, алкилгалогенидов, с использованием реактивов Гриньяра, восстановлением карбонильных соединений. Промышленные способы синтеза метанола, этанола.

Свойства спиртов.

Спирты, как слабые OH-кислоты и как основания Льюиса. Эфиры спиртов и неорганических кислот (серной, фосфорной, фосфористой). Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген. Реакция спиртов с галогенидами фосфора и хлористым тиоилом. Механизм и стереохимия замещения. Дегидратация спиртов. Окисление спиртов. Важнейшие методы и реагенты, применяемые для окисления спиртов.

Двухатомные спирты.

Особенности химических свойств. Применение диолов.

Методы синтеза диолов: гидроксילирование алкенов, использование реакции Фаворского-Реппе, восстановление  $\alpha,\omega$ -дикарбоновых кислот или их эфиров, восстановительная димеризация кетонов.

### **5.2. Фенолы**

Методы синтеза фенолов: щелочное плавление солей сульфокислот, арилгалогенидов, диазосоединений, кумольный метод. Свойства фенолов: кислотность, таутомерия, синтез простых и сложных эфиров, перегруппировка Фриса, электрофильное замещение, в том числе карбоксилирование по Кольбе, формилирование по Реймеру-Тиману, Вильсмейеру, перегруппировка аллиловых эфиров фенолов (Кляйзена), окисление фенолов, ароксильные радикалы.

## **5. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ**

Синтез из спиртов, алкенов и алкилгалогенидов. Свойства: комплексы с кислотами Льюиса, ращепление кислотами, литийорганическими соединениями, образование перекисей. Оксираны. Раскрытие цикла в оксиранах.

## **6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

### **6.1. Нитросоединения**

Синтез алифатических нитросоединений: нитрование, реакция с нитритами, окисление аминогруппы. Свойства нитросоединений: SN-кислотность, таутомерия, конденсация с карбонильными соединениями. Восстановление в амины. Важнейшие промежуточные продукты восстановления нитробензола в кислой и щелочной среде.

### **6.2. Амины**

Синтез: алкилирование аммиака и аминов, синтез Габриэля, восстановление азотсодержащих соединений, восстановительное аминирование.

Свойства аминов. Основность, реакции: алкилирование, ацилирование, нуклеофильное присоединение к карбонильной группе. Защита аминогруппы. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Взаимодействие первичных,

вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Окисление аминов. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ароматических аминов.

### 6.3. Диазосоединения

Диазо- и азо- соединения. Соли диазония. Диазотирование первичных ароматических аминов. Агенты диазотирования. Нитрозирование вторичных и третичных аминов. Поведение солей диазония в щелочной среде.

Реакции диазосоединений с выделением азота. Термическое разложение арилдиазония (реакция Шимана и образование фенолов), реакция с иодид-ионом, замещение диазогруппы на водород. Реакция Зандмейера для введения галоген-, циано-, нитрогрупп. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление, азосочетание (требования к азо- и диазо-компонентам). Примеры азокрасителей (метилоранж).

## 7. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Методы получения альдегидов и кетонов: окисление спиртов, озонлиз алкенов, использование реакций гидроборирования, магнийорганических соединений, купратов, окислительное расщепление диолов, пинаколиновая перегруппировка, восстановление карбоновых кислот и их производных, пиролиз солей карбоновых кислот, гидролиз гем-дигалогенидов, реакция Кучерова, Вакер-процесс\*, гидроформилирование алкенов. Синтез карбонильных соединений с помощью реакций конденсации, с использованием ацетоуксусного эфира. Особые способы синтеза ароматических карбонильных соединений.

Строение альдегидов и кетонов. Физические свойства альдегидов, сравнение со спиртами. Сравнение энергий одинарных и двойных связей углерод-углерод и углерод-кислород.

Присоединение нуклеофилов к карбонильной группе. Различие в реакционной способности между альдегидами и кетонами. Эффекты заместителей. Обратимость реакции, механизм. Примеры реакций: гидратация, присоединение спиртов, гидросульфита натрия, цианистого водорода, ацетиленов. Присоединение азотистых нуклеофилов. Имины. Оксимы, гидразоны. Уротропин.

Реакция карбонильных соединений с магний- и литийорганическими соединениями.

Восстановление карбонильных соединений, особенности использования  $\text{LiAlH}_4$  и  $\text{NaBH}_4$ . Превращение  $\text{C}=\text{O}$  группы в  $\text{CH}_2$ .

Реакция Канниццаро.

Реакции, протекающие через образование енольной формы.

Влияние  $\text{C}=\text{O}$  на кислотность  $\alpha$ - $\text{CH}$  связей в карбонильных соединениях (КС). Сравнение кислотности КС и спиртов. Енолизация, катализируемая кислотами и основаниями.

Галогенирование карбонильных соединений. Галоформная реакция.

Альдольная конденсация в кислой и щелочной среде. Кротоновая конденсация. Понятие «метиленовой» и «карбонильной» компоненты. Недостатки классического варианта альдольно-кротоновой конденсации. Направленная альдольная конденсация.

Реакция Перкина. Бензоиновая конденсация.

$\alpha, \beta$ -Непредельные альдегиды и кетоны. Способы синтеза. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения на примере аминов, цианистого водорода, металлоорганических соединений,

Окисление карбонильных соединений. Использование хроматов, перманганата калия, солей серебра, автоокисление альдегидов.

Сложноэфирная конденсация.

## 8. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

Способы синтеза карбоновых кислот: окисление спиртов, карбонильных соединений, непредельных и алкилароматических соединений; гидролиз нитрилов и других производных; использование металлоорганических соединений; синтеза с малоновым и

ацетоуксусным эфиром, галоформная реакция; промышленные способы синтеза важнейших кислот.

Важнейшие свойства карбоновых кислот. Строение карбоксильной группы. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация, влияние заместителей на кислотность, замещение гидроксильной группы, восстановление, синтез производных. Декарбоксилирование: термическое, по Кольбе, реакция Бородина-Хундиккера, пиролитическая кетонизация. Реакции по  $\alpha$ -атому (Гелль-Фольгард-Зелинский).

Производные карбоновых кислот. Галогенангидриды. Синтез хлорангидридов из кислот.

Ангидриды карбоновых кислот и кетены. Важнейшие свойства. Сложные эфиры. Синтез и свойства.

Синтез амидов карбоновых кислот. Свойства: гидролиз, дегидратация, восстановление. Нитрилы. Синтез. Свойства: гидролиз, кислотность  $\alpha$ -СН связей.

Непредельные кислоты. Синтез: реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина, Хека, из  $\beta$ -оксикислот. Жиры.

Двухосновные кислоты. Синтез важнейших дикарбоновых кислот. Особенности химических свойств и использование в синтезе. Синтезы с использованием малонового эфира. Фталевая и терефталевая кислоты, получение в промышленности. Фталимид и его использование в синтезе. Фумаровая и малеиновая кислоты, их эфиры и использование в синтезе.

Свойства ацетоуксусного эфира (АУЭ). Таутомерия. Влияние растворителей на положение равновесия. Синтезы с использованием АУЭ. Кетонное и кислотное расщепление. АУЭ. Дианион АУЭ и его раздельное алкилирование.

## 9. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 9.1. Гидроксикислоты

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

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

### 9.2. Аминокислоты, пептиды и белки

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

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

Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот. Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

### 9.3. Оксокислоты

### 9.4. Углеводы

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

Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Химические свойства глюкозы как альдегидоспирта: D-фруктоза как представитель кетоз. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и

невосстанавливающие сахара. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроклетчатка. Вискозное волокно, производство бумаги.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### ➤ Основная литература

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
2. 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
3. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 714 с.: ил. - 70x100/16. - (Учебник для высшей школы). ISBN 978-5-9963-1054-8 (Ч. II), ISBN 978-5-94774-759-1
4. Практикум по органической химии [Электронный ресурс] / В. И. Теренин [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 568 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1101-9

### ➤ Дополнительная литература

1. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9.
2. Ермолаева, Елена Вадимовна. Контрольные задания по органической химии / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Л. А. Дуденкова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра полимерных материалов .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009 .— 44 с.
3. Ермолаева, Елена Вадимовна. Основы синтезов органических соединений : учебное пособие / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Е. С. Ильина ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 104 с. : ил., табл..

### ➤ Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. [http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1\\_2\\_1.html](http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1_2_1.html)
2. <http://www.fptl.ru/tehnika-labrabot/prostaja-peregonka.html>
3. <http://alhimic.ucoz.ru/load/36>
4. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html>
5. <http://www.xumuk.ru>
6. <http://chemistry.narod.ru>
7. <http://www.media.ssu.samara.ru/lectures/himiya/deryabina/index.html>
8. ChemSoft 2008

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Лекционный курс читается в классической аудитории или с использованием мультимедийного оборудования. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры химических технологий. В преподавании используются имеющиеся в составе УМК материалы.

Теоретический курс: лекции, контрольные тесты.

Лабораторный практикум: лабораторные установки и оборудование (ауд. 334-1).


Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.03.01 «Биология»

Рабочую программу составил  доц.кафедры ХТ Ермолаева Е.В.

Рецензент  ген.директор ОАО «ЭластПУ» Романов С.В.


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий

Протокол № 3 от 10.11.14 года

Заведующий кафедрой  Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 06.03.01 «Биология»

Протокол № 2/1 от 10.11.14 года

Председатель комиссии  Трифонова Т.А.