

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

Панфилов А.А.

« 16 » 04 20 15 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Органическая химия**

Направление подготовки 04.03.01 «Химия»

Профиль подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоём- кость зач. ед, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточно- го контроля (экс./зачет)
4 семестр	5 (180 ч)	36	-	54	90	Зачет с оценкой
5 семестр	7 (252 ч)	36	-	54	117	Зачет, экзамен (45 ч)
Итого	12(432 ч)	72		108	207	Зачет с оценкой Зачет Экзамен (45 ч)

Владимир, 20 15

## **I. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Органическая химия - одна из фундаментальных дисциплин для студентов направления 04.03.01 «Химия». 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.

## **II. 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 таких специальных курсов, как химические основы биологических процессов, высокомолекулярные соединения, нефтехимия, хроматография. Предмет необходим для выполнения выпускной квалификационной работы и профессиональной деятельности бакалавра.

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

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует следующие общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач (ОПК-1);
- владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2);
- знанием норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях (ОПК-6);
- способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам (ПК-1);
- способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4);
- владением навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций (ПК-6);
- владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств (ПК-7).

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 (ОК-7, ОПК-1);

### **Уметь:**

- самостоятельно ставить синтетическую задачу, выбирать оптимальные пути и методы синтеза и анализа, обсуждать результаты исследований, ориентироваться в современной литературе по органической химии, вести научную дискуссию по вопросам органической химии (ОПК-2, ПК-4, ПК-6);
- проводить стандартные органические синтезы, определение констант, подготовку образцов для физико-химических исследований, пользоваться справочной литературой по органической химии (ОПК-2, ОПК-6, ПК-1, ПК-7);

#### **Владеть:**

- теоретическими представлениями органической химии, знаниями о составе, строении и свойствах органических веществ – представителей основных классов органических соединений: углеводов, гомофункциональных соединений, гетерофункциональных соединений, гетероциклических соединений (ОК-7, ОПК-1);
- основами органического синтеза и физико-химическими методами анализа органических соединений (ОПК-2, ОПК-6, ПК-1, ПК-4, ПК-6, ПК-7).

### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа.

№ 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</i>	4	1-18	2		32	14	16/47	
2	<i>Углеводороды.</i>	4	2-3	4		2	6	2/33	
2.1	Алканы	4	4-5	4		2	6	2/33	
2.2	Алкены	4	6	2		2	6	2/50	ПК 1
2.3	Диены	4	7	2		2	4	1/25	
2.4	Алкины	4	8	2			6	1/50	
2.5	Циклоалканы	4	9-11	6		4	10	2/20	
2.6	Ароматические углеводороды	4							
3	<i>Галогенпроизводные.</i>	4							ПК 2
3.1	Алифатические галогенпроизводные	4	12-13	4		2	10	2/33	
3.2	Ароматические галогенпроизводные	4	14	2		2	10	2/50	
4	<i>Гидроксилсодержащие производные</i>	4							
4.1	Спирты	4	15-16	4		4	10	2/25	
4.2	Фенолы	4	17-18	4		2	8	4/67	ПК 3
	<b>Итого по семестру</b>	<b>4</b>		<b>36</b>		<b>54</b>	<b>90</b>	<b>36/40</b>	Зачет с оценкой
5	<i>Простые эфиры</i>	5	1	1			4		
6	<i>Азотсодержащие производные</i>	5							
6.1	Нитросоединения		11	1		4	4	1/20	

6.2	Амины	5	2-3	4		6	1/25		
6.3	Азо- и диазосоединения	5	4	2		4	6	4/67	
7	<i>Карбонильные соединения</i>	5						ПК 1	
7.1	Предельные карбонильные соединения		5-6	4		4	6	4/50	
7.2	Непредельные карбонильные соединения	5	7	2			6	2/100	
7.3	Ароматические карбонильные соединения	5	8	2		8	5	4/40	
8	<i>Карбоновые кислоты</i>	5							
8.1	Предельные карбоновые кислоты		9-10	3		8	10	6/54	
8.2	Непредельные карбоновые кислоты	5	10	1			6		
8.3	Ароматические карбоновые кислоты	5	11	2		8	6	3/30	
8.4	Многоосновные карбоновые кислоты	5	12	2			6	1/50	
9	<i>Гетероциклические соединения</i>	5							
9.1	Пятичленные гетероциклы		13	2		6	6	4/50	
9.2	Шестичленные гетероциклы	5	14	2			6	1/50	
10	<i>Стереохимия органических соединений</i>	5	15	2			6	1/50	
11	<i>Гетерофункциональные соединения</i>	5							
11.1	Гидроксикислоты		16	1		4	4	1/20	
11.2	Аминокислоты	5	16	1		4	4	1/20	
11.3	Оксокислоты	5	16				6		
11.4	Углеводы	5	17-18	4		4	8	2/25	
12	<i>Физические методы исследования в органической химии</i>	5	1-18				12		
	<b>Итого по семестру</b>	<b>5</b>		<b>36</b>		<b>54</b>	<b>117</b>	<b>36/40</b>	Зачет, Экзамен (45 ч)
<b>Всего</b>				<b>72</b>		<b>108</b>	<b>207</b>	<b>72/40</b>	Зачет с оцен. Зачет Экзамен (45 ч)

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСА " ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ "

### 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). Кислоты и основания (Бренстед, Льюис). Сопряженные кислоты и основания. Кислотно-основные равновесия (на примере спиртов, альдегидов, кетонов, кислот и аминов). Константа кислотности ( $pK_a$ ). Влияние заместителей на кислотность и основность органических соединений.

Природа индуктивного эффекта. Классификация основных заместителей по знаку и относительной величине (сильный, слабый) индуктивного эффекта. Природа резонансного (мезомерного) эффекта. Способы обозначения индуктивного и резонансного эффекта (резонансные структуры, кривые стрелки). Правила написания резонансных структур. Примеры групп с +M, -M эффектами. Анализ влияния заместителей (сочетание индуктивного и резонансного эффектов, только индуктивные заместители, примеры заместителей с противоположными эффектами) на типичные свойства (стабильность катионов, анионов, кислотность и основность) 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*. Энергетические диаграммы.

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. Наблюдение образования алкильных радикалов. Крекинг каталитический\*. Распространение алканов в природе и их источники\*. Применение алканов\*.

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

### 2.2. Алкены

Электронное строение двойной связи С=С. Энергия  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи в этилене. Геометрическая изомерия: *цис-транс*- и *Z/E*- номенклатура. Зависимость стабильности алкенов от степени замещения двойной связи.

Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов. Гетерогенные катализаторы на основе соединений металлов платиновой группы, никель Ренея\*. Комплекс Уилкинсона\*. Стереохимия гидрирования.

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 (1-фенилпропен). [Связь стереохимии присоединения с возможностью существования мостиковых ионов. Присоединение брома к цис- и транс-бутенам-2.]\*

Гидрогалогенирование. Региоселективность электрофильного присоединения к алкенам. Правило Марковникова. Стабильность интермедиата (карбокатиона). Влияние заместителей при C=C связи на скорость присоединения. Постулат Хэммонда. Важнейшие примеры: присоединение галогеноводородов к стиrolу, виниловым эфирам и винилхлориду. Исключения из формального правила Марковникова: (1) присоединение к электронодефицитным алкенам, (2) присоединение боранов, (3) радикальное присоединение. Расширенное толкование правила Марковникова.

Побочные реакции при электрофильном присоединении к алкенам: сопряжённое присоединение нуклеофила, перегруппировки карбениевых ионов (гидридные и алкильные сдвиги).

Кислотно-катализируемая гидратация алкенов. Условия и ограничения. Альтернативный непрямой метод гидратации — гидроксимеркурирование\*. Алкоксимеркурирование\*.

Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора (боранов). Региоспецифические гидроборирующие агенты: *дисамилборан*, *тексилборан*, *9-ББН*\*. Превращение борорганических соединений в алканы, спирты, алкилгалогениды.

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. Стереохимия гидроксילирования алкенов. Доказательства отдельных стадий *син*- и *анти*- гидроксילирования промежуточные продукты при *син*- и *анти*- гидроксילировании. Свободнорадикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу, инициаторы реакции, механизм.. Аллильное галогенирование: получение хлористого аллила из пропилена в газовой фазе, аллильное бромирование по Воллю-Циглеру.

Карбены. Методы генерирования. Понятие о синглетных и триплетных карбенах, их строение, гибридизация, углы между связями, Стереохимия присоединения к алкенам. Карбеноиды\*.

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. СН-кислотность алкинов. Использование ацетиленидов в органическом синтезе. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов. Гидратация алкинов (реакция Кучерова). Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Гидроалюминирование алкинов с ДИБАЛ-Н\*. Превращение борорганических производных в алкены, карбонильные соединения. Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. 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. Энергетический профиль реакции\*. Кинетически и термодинамически контролируемые реакции. Реакция Дильса-Альдера как метод образования C-C связей и синтеза шестичленных циклов. Диены и диенофилы. Необходимая конформация нециклического диена\*. 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. Энергия напряжения циклоалканов и ее количественная оценка на основании сравнения теплот образования и теплот сгорания циклоалканов и соответствующих алканов. 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 (ацилиновая конденсация)\*.

#### 2.6. Ароматические углеводороды

Строение бензола. Формула Кекуле. Ароматичность. Правило Хюккеля. Критерии ароматичности: энергетический, структурный, магнитный. Признаки ароматичности (реакционная способность). Аннулены. Ароматические катионы и анионы. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен, азулен и др.

Антиароматические соединения.

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. Изотопный обмен водорода\*. Арениевые ионы в реакциях электрофильного замещения. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.

Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование нафталина, бифенила и других аренов\*. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм реакции галогенирования аренов и их производных. Сульфирование. Сульфирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакции сульфирования на примере фенола и нафталина\*. Превращения сульфогруппы\*.

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. Региоселективность ацилирования. Формилирование по Гаттерману-Коху и другие родственные реакции.

## **ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

### **3. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ**

#### **3.1. Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду**

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  $SN_2$ . Вид энергетического профиля реакции. Стереохимия реакций. Вальденовское обращение. 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. Межфазный катализ\*. Катализаторы – четвертичные аммониевые соли, краун-эфиры, криптанды\*. 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. Содействие соседних групп\*. Важнейшие примеры синтетического использования реакций нуклеофильного замещения. Методы синтеза алкилгалогенидов.

Реакции элиминирования.

Примеры  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -элиминирования. Конкуренция с реакциями нуклеофильного замещения. Механизмы элиминирования ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_1cB$ ). Основные закономерности протекания этих реакций: кинетическое уравнение, региоселективность, правила Гофмана и Зайцева, стереоселективность, использование в синтезе. Использование реакций элиминирования для синтеза алкенов, диенов и алкинов.

#### **Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду**

Механизм присоединения-отщепления  $SN_{Ar}$ , примеры реакций и активирующее влияние электрооакцепторных заместителей. Анионные  $\sigma$ -комплексы Мейзенгеймера и их строение.

Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Методы генерирования и фиксации дегидробензола\*. Строение дегидробензола.  $SN_1$ -подобный механизм ароматического нуклеофильного замещения в реакциях гидролиза катиона арендиазония, в синтезе арилфторидов\*. Анион-радикальный механизм  $S_{rn}1$ \*. Нуклеофильное замещение в присутствии солей меди\*.

### **Металлоорганические соединения**

**Реактивы Гриньяра.** Получение. Растворители. Сольваты. Понятие о механизме образования. Равновесие Шленка.

Реакции реактивов Гриньяра с соединениями, имеющими подвижный водород, с окислителями (неметаллами и солями переходных металлов), с галогенидами Zn, Hg, Si, P (как общий метод получения элементоорганических соединений). Реакции реактива Гриньяра с карбонильными соединениями, сложными эфирами, амидами, хлорангидридами карбоновых кислот, нитрилами, диоксидом углерода, окисью этилена.



## 4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

### 4.1. Спирты

Способы синтеза одноатомных спиртов: из алкенов, алкилгалогенидов, с использованием реактивов Гриньяра, восстановлением карбонильных соединений, оксиранов. 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 тиоцианом. Механизм и стереохимия замещения. Дегидратация спиртов. Защита гидроксильной группы в спиртах\*. Окисление спиртов. Важнейшие методы и реагенты, применяемые для окисления спиртов.

Двухатомные спирты.

Особенности химических свойств. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка, дегидратация до диенов, ансолькокислоты, применение диолов.

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

### 4.2. 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.

Хиноны. Получение *o*- и *n*-бензохинонов, семихинон, хингидрон. Хлоранил\*. Свойства хинонов: окислительно-восстановительные реакции, 1,4-присоединение, реакция Дильса-Альдера.

## 5. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

Синтез из спиртов, алкенов и алкилгалогенидов. Свойства: комплексы с кислотами Льюиса, ращепление кислотами, литийорганическими соединениями, образование перекисей. Краун-эфиры и их применение\*. Оксираны. Раскрытие цикла в оксиранах.

## 6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

### 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. Парциальное восстановление динитробензола\*.

### Амины

Синтез: алкилирование аммиака и аминов, синтез Габриэля, секстетные перегруппировки, 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.

## Дiazosоединения

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

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

## 7. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

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 и енамины\*. Оксимы, гидразоны. Уротропин\*.

Перегруппировка Бекмана. Механизм. Применение в промышленности.

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  $\text{CH}_2$ . Восстановление по Кижнеру-Вольфу, по Клемменсену, через дитианы.

Реакция Канниццаро.

Защита  $\text{C}=\text{O}$  группы и примеры применения в синтезе.

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. Дейтерообмен\*.

Галогенирование карбонильных соединений. Кинетическое уравнение\*. 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. Использование енолятов лития\*.

Енамины и их использование в синтезе\*.

Понятие об амбидентных анионах.

Реакции Манниха, Кневенагеля. Реакция Перкина. Нитрозирование. Бензоиновая конденсация.

$\alpha,\beta$ -Непредельные альдегиды и кетоны. Способы синтеза. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения на примере аминов, цианистого водорода, металлорганических соединений, в т.ч. купратов. Аннелирование по Робинсону\*. Сопряженное присоединение енолятов и енаминов.

Окисление карбонильных соединений. Использование хроматов, перманганата калия, солей серебра, автоокисление альдегидов. Реакция Байера-Вилигера\*.

Сложноэфирная конденсация. [Механизм. Стехиометрия. Конденсация двух различных сложных эфиров. Направленная сложноэфирная конденсация. Конденсация Дикмана. Конденсация сложного эфира и кетона. Реакция Реформатского]\*.

## 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; синтезы 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, пиролизическая кетонизация. Реакции по  $\alpha$ -атому (Гель-Фольгард-Зелинский).

Производные карбоновых кислот. Галогенангидриды. Синтез хлорангидридов из кислот. Механизм нуклеофильного замещения при  $sp^2$ -углеродном атоме в  $C=O$  группе. Взаимодействие с нуклеофильными реагентами, восстановление, реакции с металлоорганическими соединениями. Метод удлинения углеродной цепи по Арндту-Эйстерту\*.

Ангидриды карбоновых кислот и кетены. Важнейшие свойства. Сложные эфиры. Синтез и свойства. Ряд ацилирующих реагентов, по убыванию электрофильности.

Синтез амидов карбоновых кислот. Свойства: гидролиз, дегидратация, восстановление. Секстетные перегруппировки Гофмана, Курциуса\*. 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: диэтилоксалат, малоновый эфир, N-бромсукцинимид. Синтезы с использованием малонового эфира. Конденсация Дикмана\*. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот\*. Фталевая и терефталевая кислоты, получение в промышленности. Фталимид и его использование в синтезе. Фумаровая и малеиновая кислоты, их эфиры и использование в синтезе.

Угольная кислота и её производные. Фосген, Хлоругольный эфир, карбонаты. [Сероуглерод, ксантогенаты, мочевины. Тиомочевина, гуанидин, семикарбазид, карбодиимиды. Применение в синтезе. Изоцианаты]\*.

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. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиррол, фуран, тиофен, ароматичность, их производные в природе. Методы синтеза пятичленных гетероциклов. Метод Пааля-Кнорра\*. Ацидофобность пиррола и фурана и электрофильное замещение в пирроле, фуране и тиофене. Ориентация электрофильного замещения. Особенности химических свойств пиррола: кислотность пиррола, алкилирование Li, Na, K и Mg производных. Особенности химических свойств фуранов: реакция с бромом, реакция Дильса-Альдера.

Конденсированные пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Индол. Производные индола в природе: триптофан, скатол, серотонин, гетероауксин. Индиго. [Синтез индолов по Фишеру. Механизм. Сравнение свойств индола и пиррола.]\* Ориентация электрофильного замещения в индоле.

Шестичленные гетероциклы. Пиридин: ароматичность, основность. Производные пиридина в природе: витамины, никотин, NADP. Химические свойства пиридина: основность, алкилирование, реакции электрофильного замещения, N-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Особенности химических свойств метилпиридинов и винилпиридинов. Нуклеофильное замещение в 2-, 3-, и 4-хлорпиридинах. Нуклеофильное замещение гидрид-иона на аминогруппу под действием амида натрия (реакция Чичибабина).

Конденсированные шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Хиолин. Синтезы Скраупа и Дебнера-Миллера. Понятие о механизме этих реакций. Химические свойства хиолинов.

## **10. СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Изображение тетраэдрического атома углерода в проекции на плоскости. Клиновидные проекции, «лесопильные козлы», проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заслоненная, заторможенная, скошенная конформации.

Молекулы, не имеющие элементов симметрии. Связь с гибридизацией углерода. Асимметрические центры. Энантиомеры. Рацематы. Рацемизация. Хиральность. Поляризация света. Различия в свойствах энантиомеров. Измерение угла оптического вращения\*. Формулы Фишера. Правила обращения с формулами Фишера. Абсолютная конфигурация. R,S-номенклатура Кана-Ингольда-Прелога. Определение порядка старшинства заместителей у асимметрического атома углерода. Случай нескольких асимметрических атомов. Диастереомерные и энантиомерные пары на примере винных кислот. Мезо-формы.

## **11. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### **11.1. Гидроксикислоты**

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

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

### **11.2. 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, [синтез Штрекера, алкилирование анионов СН-кислот, энантиоселективный синтез.]\*

Белки. Четыре уровня организации нативных белков\*.

### **11.3. Оксокислоты**

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.

### **11.4. 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 альдегидспирта: D-фруктоза как представитель кетоз. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроцеллюлоза. Вязкое волокно, производство бумаги.

## 12. 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.

### Тематика лабораторных работ

№ п/п	Тематика	Название лабораторной работы
1.	Методы выделения и очистки органических веществ	Простая перегонка при атмосферном давлении Перегонка смеси при атмосферном давлении Перегонка с водяным паром Перекристаллизация Возгонка Экстракция жидкостей Экстракция твердых веществ Определение основных физико-химических показателей органических веществ (температура плавления, показатель преломления)
2.	Углеводороды.	Способы получения алканов
2.1.	Алканы	Основные химические свойства предельных углеводородов
2.2.	Алкены	Способы получения алкенов Основные химические свойства непредельных углеводородов
2.4	Алкины	Способы получения алкинов Основные химические свойства непредельных углеводородов
2.6.	Ароматические соединения	Сульфирование толуола
3.	Галогенпроизводные.	
3.1.	Алифатические галогенпроизводные	Синтез бромистого бутила
4.	Гидроксилсодержащие производные	Синтез дибутилового эфира
6.	Азотсодержащие производные	
6.1.	Нитросоединения	Синтез анилина
6.2.	Амины	Синтез сульфаниловой кислоты
6.3.	Азо- и diaзосоединения	Синтез п-нитроанилиновый красный Синтез β-нафтолоранжа
8.	Карбоновые кислоты	Синтез бензойной кислоты
9.	Гетероциклические соединения	Синтез фурфурола
10.	Стереохимия	-

11.	Гетерофункциональные производные	Свойства аминокислот
12.	Физические методы исследования	-

## V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении лабораторного практикума 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, использование обучающих программ для расширения информационного поля, обеспечения удобства преобразования и структурирования информации для трансформации её в знание.

Преподавание 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 тест-тренажеры, а также традиционные письменные и устные контрольные мероприятия (коллоквиумы, контрольные работы).

В лабораторном практикуме используется **метод проблемного обучения**: студент получает задание на синтез, методику которого должен подобрать и изучить самостоятельно, исходя из имеющихся реактивов.

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

Текущий контроль осуществляется три раза за семестр (РК 1, 2, 3) посредством проведения следующих контрольных мероприятий.

№	Контролируемый раздел дисциплины	Наименование оценочного средства	Период проведения
Семестр 4			
4.1	Алканы	Тест 1	РК 1
4.2-4.3	Алкены и Диены	Тест 2	
4.4	Алкины	Тест 3	

4.1-4.4	Ациклические углеводороды	Контрольная работа 1	
4.6	Ароматические углеводороды	Коллоквиум 1	
5	Галогенпроизводные	Тест 4	РК 3
6	Гидроксилсодержащие производные	Контрольная работа 2 Коллоквиум 2	
Семестр 5			
8	Азотсодержащие производные	Контрольная работа 3	РК 1
10	Карбонильные соединения	Тест 5 Коллоквиум 3	РК 2
11	Карбоновые кислоты	Тест 6 Контрольная работа 4	РК 3
12	Гетерофункциональные производные	Тест 7 Контрольная работа 5	

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

Более полно методические указания для СРС представлены в составе УМК.

### Вопросы для самостоятельной работы студентов 4 семестр

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

Роль органической химии в развитии народного хозяйства России.

#### 2. УГЛЕВОДОРОДЫ

##### 2.1. Алканы

1. Номенклатура: рациональная.
2. Природные источники алканов: нефть, природный газ.
3. Применение: использование алканов в органическом синтезе. Насыщенные углеводороды как топливо.

##### 2.2. Алкены

1. Номенклатура рациональная.
2. Физические свойства.
3. Олигомеры. Значение полимерных материалов для народного хозяйства. Применение алкенов в органическом синтезе.

##### 2.3. Алкадиены

1. Физические свойства.
2. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.

## 2.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды)

1. Номенклатура рациональная.
2. Физические свойства.
3. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях присоединения.
4. Промышленные синтезы на основе ацетилена.

## 2.5. Ациклические углеводороды

1. Цис-транс- и оптическая изомерия ациклических соединений.
2. Физические свойства.
3. Взаимные превращения циклов.

## 2.6. Ароматические углеводороды

1. Развитие представлений о строении бензола. Физические свойства.

### Полиядерные ароматические соединения:

2. Бифенил. Получение. Свойства. Бензидин, бензидиновая перегруппировка. Трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол. Получение, свойства. Понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах.
3. Нафталин. Получение в технике. Строение. Ароматичность. Энергия сопряжения. Изомерия. Номенклатура замещённых нафталина.
4. Физические свойства.
5. Химические свойства. Реакции присоединения: водорода, хлора, брома. Отношение к действию окислителей. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование. Механизмы реакций, причины активности  $\alpha$ -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения  $\beta$ -производных нафталина.  $\alpha$ - и  $\beta$ -Нафтолы, способы получения, свойства.
6. Антрацен и фенантрен. Строение, ароматичность, свойства. Высшие полициклические углеводороды. Понятие о канцерогенных соединениях.

## 3. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

### 3.1. Галогеналканы

1. Физические свойства и спектральные характеристики.

#### Полигалогеналканы:

2. 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:

3. Фторзамещённые непредельных углеводородов. Особенности связей C – F. Способы получения монофторалканов, фторалкенов и перфторуглеродов. Фреоны. Фторопласт (тефлон).

### 3.2. Галогенопроизводные ароматических углеводородов:

1. Бензилиденхлорид, бензотрихлорид, их получение, свойства, применение.

## 4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

### 4.1. Спирты

#### Одноатомные спирты:

1. Номенклатура тривиальная, рациональная.
2. Промышленные способы получения метилового, этилового, изопропилового спиртов.
3. Метиловый, этиловый, пропиловый и бутиловый спирты, их применение в органическом синтезе.

### 4.2. Фенолы. Хиноны

1. Трёхатомные фенолы: пирогаллол, оксигидрохинон, флороглюцин. Особые свойства флороглюцина.



## 5. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ. ЭПОКСИСОЕДИНЕНИЯ

1. Тиоспирты (меркаптаны). Номенклатура.
2. Способы получения: из галогеналканов, из спиртов.
3. Физические свойства.
4. Химические свойства: кислотность, образование тиолятов (меркаптидов), присоединение к алкенам, окисление до дисульфидов и сульфокислот.

## 6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

### 6.1. Нитросоединения

1. Принцип ЖМКО. Получение нитросоединений окислением аминов.
2. Физические свойства.
3. Отличие свойств нитроалканов от эфиров азотистой кислоты (восстановление и гидролиз).
4. Нитрометан, получение, применение в технике.
5. Полинитросоединения.
6. Полинитросоединения ароматического ряда.

### 6.2. Амны

1. Понятие о диаминах, получение, свойства.

### 6.3. Ароматические амины

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

## 7. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

1. Физические свойства.
2. Муравьиный альдегид, получение в технике.
3. Уксусный альдегид, ацетон: методы получения, применение.
4. Кетены. Номенклатура. Способы получения кетена: из ацетона, из уксусной кислоты. Строение кетена. Химические свойства: реакции с водой, спиртами, аминами, карбоновыми кислотами. Дикетен
5. Геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов. Перегруппировка Бекмана.

## 8. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

1. Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая. Получение и свойства.
2. Галогенозамещенные кислоты. Способы получения: из насыщенных карбоновых кислот и их производных (галогенирование), из ненасыщенных кислот (гидрогалогенирование). Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы.
3. Сульфокислоты. Изомерия; номенклатура. Способы получения: реакция сульфирования, сульфлирующие реагенты. Условия и механизм. Реакция сульфохлорирования. Физические свойства. Химические свойства. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами (десульфирование, щелочное плавление, замещение на цианогруппу). Механизмы этих реакций.

## 9. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 9.1. Пятичленные гетероциклы

1. Пиррол, фуран, тиофен, ароматичность, их производные в природе. Методы синтеза пятичленных гетероциклов. Метод Пааля-Кнорра\*. Ацидофобность пиррола и фурана и электрофильное замещение в пирроле, фуране и тиофене. Ориентация электрофильного замещения. Особенности химических свойств пиррола: кислотность пиррола, алкилирование Li, Na, K и Mg производных. Особенности химических свойств фуранов: реакция с бромом, реакция Дильса-Альдера.
2. Конденсированные пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Индол. Производные индола в природе: триптофан, скатол, серотонин, гетероауксин. Индиго.

Синтез индолов по Фишеру. Механизм. Сравнение свойств индола и пиррола. Ориентация электрофильного замещения в индоле.

## 9.2. Шестичленные гетероциклы

1. Пиридин: ароматичность, основность. Производные пиридина в природе: витамины, никотин, NADP. Химические свойства пиридина: основность, алкилирование, реакции электрофильного замещения, N-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Особенности химических свойств метилпиридинов и винилпиридинов. Нуклеофильное замещение в 2-, 3-, и 4-хлорпиридинах. Нуклеофильное замещение гидрид-иона на аминогруппу под действием амида натрия (реакция Чичибабина).
2. Конденсированные шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Хиолин. Синтезы Скраупа и Дебнера-Миллера. Понятие о механизме этих реакций. Химические свойства хиолинов.

## 10. СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Изображение тетраэдрического атома углерода в проекции на плоскости. Клиновидные проекции, «лесопильные козлы», проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заслоненная, заторможенная, скошенная конформации.
2. Молекулы, не имеющие элементов симметрии. Связь с гибридизацией углерода.
3. Асимметрические центры.
4. Энантиомеры. Рацематы. Рацемизация. Хиральность. Поляризация света. Различия в свойствах энантиомеров. Измерение угла оптического вращения\*.
5. Формулы Фишера. Правила обращения с формулами Фишера.
6. Абсолютная конфигурация. R,S-номенклатура Кана-Ингольда-Прелога. Определение порядка старшинства заместителей у асимметрического атома углерода.
7. Случай нескольких асимметрических атомов. Диастереомерные и энантиомерные пары на примере винных кислот. Мезо-формы.

## 11. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 11.1. Гидроксикислоты

1.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогензамещённых кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидроксинитрилы ( $\alpha$ -гидроксикислоты). Получение  $\beta$ -гидроксикислот по реакции Реформатского.
2. Физические и химические свойства. Особенности свойств  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты. Стереизомерия молочных и винных кислот.

### 11.2. Аминокислоты, пептиды и белки

1.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез.
2. 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
3. Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот, синтез Штрекера, алкилирование анионов CN-кислот, энантиоселективный синтез.
4. Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

### 11.3. Оксокислоты

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.

### 11.4. Углеводы

1. 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.

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

## 12. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1. Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.
2. 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.
3. Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

### Вопросы для проведения зачета с оценкой (4 семестр)

1. Гомологический ряд алканов. Строение и общая характеристика свойств. Механизм реакций замещения: галогенирование, нитрование.
2. Гомологический ряд алкенов. Строение и общая характеристика свойств. Механизм 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 озонлиз алкенов.
6. Мономеры, олигомеры, полимеры. Полимеризация и сополимеризация алкенов и диенов. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.
7. Строение сопряженных диенов. Механизм 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 углеводородов. 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. Одноатомные фенолы. Причина кислых свойств фенолов. Электрофильное замещение в ядро фенолов.

### Вопросы для проведения зачета (5 семестр)

В соответствии с рейтинговой системой комплексной оценки знаний студентов зачет в 5 семестре выставляется по результатам выполнения семестрового плана. На зачете могут быть заданы вопросы по лабораторному практикуму:

1. Почему при синтезе дибутилового эфира из реакционной смеси необходимо удалять образующуюся в ходе реакции воду?
2. Почему при синтезе дибутилового эфира реакционную смесь кипятят осторожно, избегая перегрева?
3. Зачем при выделении дибутилового эфира реакционную массу промывают насыщенным раствором хлорида кальция.
4. Почему реакцию diaзотирования проводят при пониженной температуре?
5. Как определить конец реакции diaзотирования?
6. Какие значения pH являются оптимальными при проведении реакции азосочетания с фенолами и аминами? Ответ обоснуйте.
7. Какие химические реакции лежат в основе биуретовой пробы на аминокислоты?
8. Какие химические реакции лежат в основе нингидриновой пробы на аминокислоты?
9. Какие химические реакции лежат в основе ксантопротеиновой пробы на аминокислоты?
10. Какие химические реакции лежат в основе реакции Милона?
11. Какое растительное сырье можно использовать для синтеза фурфурола?
12. Какая реакция лежит в основе синтеза фурфурола из семян подсолнечника?
13. Какими качественными реакциями можно доказать получение фурфурола.
14. Какими качественными реакциями можно доказать присутствие в глюкозе гидрок-

сильных групп?

15. Как доказать наличие альдегидной группы в глюкозе?
16. Как отличить глюкозу от фруктозы с помощью качественных реакций?
17. Какие качественные реакции на крахмал Вы знаете?
18. Какие качественные реакции на целлюлозу Вы знаете?

#### Вопросы для проведения экзамена (5 семестр)

1. Получение симметричных и несимметричных простых эфиров (планирование синтеза Вильямсона). Химические свойства простых эфиров: основность, образование оксониевых комплексов, расщепление.
2. Строение нитрогруппы. Таутомерные превращения нитроалканов. Подвижность водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме.
3. Нитробензол. Восстановление в кислой и щелочной среде.
4. Строение аминов: гибридизация атома азота, конфигурация молекулы амина, межмолекулярные водородные связи. Связь между строением и основностью амина.
5. Реакции аминов с кислотами, алкилирование и ацилирование аминов. Реакции с азотистой кислотой. Реакции ароматических аминов с альдегидами.
6. Диазосоединения: строение и получение. Реакции с выделением и без выделения азота.
7. Строение карбонильной группы. Химические свойства алифатических карбонильных соединений: присоединение спиртов, гидросульфита натрия, синильной кислоты, пятихлористого фосфора, реактивов Гриньяра.
8. Реакции альдегидов и кетонов с аммиаком и его производными: гидразином, гидросиламином, фенилгидразином.
9. Причина реакционной способности водорода у  $\alpha$ -углеродного атома. Кето-енольная таутомерия. Механизм альдольно-кетоновой конденсации.
10. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов. Реакция Канниццаро.
11. Строение и особенности химических свойств  $\alpha,\beta$ -непредельных альдегидов и кетонов (реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения).
12. Реакционная способность ароматических альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения (реакция с синильной кислотой и гидросульфитом натрия). Окисление и восстановление.
13. Реакции конденсации ароматических альдегидов и кетонов: конденсация с алифатическими альдегидами и кетонами, реакция Перкина, перекрестная реакция Канниццаро. Их механизмы.
14. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Кислотные свойства одноосновных карбоновых кислот. Реакции кислот с металлами, щелочами, карбонатами, реактивами Гриньяра.
15. Реакция этерификации, ее механизм. Декарбоксилирование и восстановление кислот.
16. Получение производных кислот: солей, амидов, нитрилов, ангидридов и галогенангидридов, сложных эфиров. Гидролиз производных кислот. Реакционная способность производных в реакциях нуклеофильного присоединения.
17. Особенности химических свойств  $\alpha,\beta$ -непредельных кислот. Акриловая и метакриловая кислоты, акрилонитрил.
18. Особенности физических и химических свойств двухосновных кислот. Кислотность. Реакции декарбоксации.
19. Малоновый эфир и синтезы на его основе.
20. Кислотные свойства ароматических карбоновых кислот. Влияние природы и расположения заместителей на силу кислот.
21. Фуран, тиофен, пирразол: строение, ароматичность, ацидофобность.
22. Особенности электрофильного замещения в пятичленных гетероциклах.
23. Конденсированные системы с пятичленными гетероциклами
24. Строение пиридина и его реакционная способность.
25. Направление реакций электрофильного замещения в пиридине.

26. Направление реакций нуклеофильного замещения в пиридине.
27. Конденсированные системы с шестичленными гетероциклами.
28. Оптическая активность органических соединений, асимметрический атом углерода.
29. Проекционные формулы Фишера.
30. Стереоизомерия соединений с двумя асимметрическими атомами углерода.
31. Гидроксикислоты: особенности химических свойств  $\alpha, \beta, \gamma$ - гидроксикислот.
32. Аминокислоты: особенности физических и химических свойств  $\alpha, \beta, \gamma$ - аминокислот. Биполярный ион.
33. Углеводы: классификация, строение, конфигурация.
34. Моносахариды: глюкоза и фруктоза.
35. Химические свойства углеводов: восстановление, окисление, реакции с синильной кислотой.
36. Алкилирование, ацилирование углеводов,
37. Взаимодействие углеводов с производными аммиака (гидроксиламином, фенилгидразином).
38. Дисахариды: лактоза, мальтоза, целлобиоза, сахароза. Строение, свойства и распространение в природе.
39. Полисахариды: крахмал. Строение, свойства и распространение в природе.
40. Полисахариды: целлюлоза. Строение, свойства

## **VII. 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. 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
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
4. 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.

5. 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.
6. 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://e-books.narod.ru/pryanishnikov1\\_2\\_1.html](http://e-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

### **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

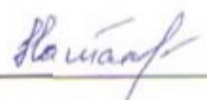
Лекционный курс читается в классической аудитории или с использованием мультимедийного оборудования. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории органической химии кафедры химических технологий. В преподавании используются имеющиеся в составе УМК материалы.

Теоретический курс: лекции, контрольные тесты, варианты заданий для контрольных работ, тематические планы коллоквиумов

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

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 1  
направлению 04.03.01 «Химия»

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

Рецензент  \_\_\_\_\_ ген. директор ОАО «Владисарт» к.х.н. Каталевский Е.Е.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий

Протокол № 8 от 16.04.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Панов Ю.Т

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 04.03.01 «Химия»

Протокол № 7/2 от 16.04.2015 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Кухтин Б.А.



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2015/2016 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.15 года

Заведующий кафедрой

---

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1/1 от 5.09.16 года

Заведующий кафедрой

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой

---