

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
органической химии



Х.С. Шихалиев  
26.05.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**2.1.1.3 Органическая химия**

**1. Код и наименование научной специальности:** 1.4.3. Органическая химия

---

**2. Профиль подготовки (при наличии):**

**3. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** 1003 кафедра органической химии

**4. Составители программы:** Шихалиев Хидмет Сафарович, доктор химических наук, профессор

---

**5. Рекомендована:** научно - методическим Советом химического факультета от 25.04.23, протокол № 4

---

**6. Учебный год:** 2026/2027      **Семестр(ы):** 7

## 7. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование системных знаний о закономерностях в химическом поведении основных классов органических соединений, во взаимосвязи с их строением, в том числе для использования этих знаний в качестве основы при изучении процессов, протекающих в живом организме.

Задачи дисциплины:

- изучение особенностей методов получения и свойств основных классов органических соединений, выявление зависимостей структура - свойство;
- освоение основ идентификации органических соединений;
- получение сведений об использовании биологически активных органических веществ в различных отраслях деятельности.

## 8. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

(дисциплина направлена подготовку к сдаче кандидатского экзамена / элективная дисциплина)

Блок 2. Образовательный компонент. Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена

## 9. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы (компетенциями):

Код	Название компетенции	Планируемые результаты обучения
OK-5	Владение основами теории фундаментальных разделов органической химии	Знать: базовые законы органической химии Уметь: использовать основные закономерности для интерпретации экспериментальных результатов в выбранной области научной деятельности. Владеть: навыками применения базовых законов органической химии для решения практических и экспериментальных задач в выбранной области научной деятельности.

## 10. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3 /108.

Форма промежуточной аттестации экзамен

## 11. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		7 семестр	
Всего часов	108		108
в том числе:			
лекции	18		18
практические	-		-
Самостоятельная работа	81		81
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 9 час.)	9		9
Итого:	108		108

## 12. Содержание этапов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
I. Закономерности строения и реакционного поведения органических			

соединений		
1	<p>Химическая связь и строение органических соединений</p> <p>1.1. Современные представления о природе химической связи. Электронные представления о природе связей. Типы связей в органической химии. Гибридизация атомов углерода и азота. Электронные эффекты. Электроотрицательность атомов и групп. Основные положения квантовой химии. Атомные и молекулярные орбитали. Приближение MO-ЛКАО. Метод MO Хюккеля и более строгие квантово-химические методы расчета. Понятие о полуэмпирических методах, основанных на приближении Хартри—Фока (MNDO, AM1, PM3 и др.). Методы ab initio. Метод функционала плотности (DFT). Компромиссные подходы (локализованные связи, гибридизация, частичный учет делокализации электронов). Теория возмущений MO. Возмущения первого и второго порядков. Индексы реакционной способности. Метод граничных орбиталей. Зарядовый и орбитальный контроль органических реакций. Понятие о резонансе (сопряжении) в классической и квантовой химии. Сопряжение в методе MO Хюккеля. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Мезоионные соединения. Антиароматичность.</p> <p>1.2. Стереохимия. Пространственное строение органических молекул. Пространственное взаимодействие несвязанных атомов и групп, ван-дер-ваальсовы радиусы. Понятие о конформации молекулы. Вращение вокруг связей: величины и симметрия потенциальных барьеров. Факторы, определяющие энергию конформеров. Влияние эффектов сопряжения на стабильность конформеров. Номенклатура конформеров. Угловое напряжение и другие типы напряжения в циклических системах. Средние циклы и трансаннулярные взаимодействия. Инверсия циклов и азотсодержащих соединений. Связь конформации и реакционной способности. Принцип Кертина—Гаммета. Стерический и стереоэлектронный контроль реакций. Стереоселективность и стереоспецифичность.</p> <p>Пространственное строение этиленовых и диеновых систем. Номенклатура геометрических изомеров. Конформация диенов и триенов. Атропоизомерия. Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Эквивалентные, энантиотопные и диастереотопные группы; их проявление в химическом поведении молекул в хиральных и ахиральных средах и спектрах ЯМР. Номенклатура оптических антиподов. Неуглеродные атомы как центры хиральности. Способы получения и разделения энантиомеров. Оптическая чистота и методы ее определения. Определение абсолютной и относительной конфигурации. Понятие о</p>	<p>Орг химия аспирантура_1;  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a></p>

		дисперсии оптического вращения и круговом дихроизме.	
2	Общие принципы реакционной способности	<p>2.1. Классификация реакций по типу образования и разрыва связей в лимитирующей стадии, по типу реагента и по соотношению числа молекул реагентов и продуктов.</p> <p>Теория переходного состояния. Гиперповерхность потенциальной энергии, координата и энергетический профиль реакции. Термодинамические параметры активации. Кинетические уравнения основных типов реакций. Методы экспериментального изучения кинетики и механизмов реакций. Метод стационарного состояния (принцип Боденштейна). Постулат Хэммонда.</p> <p>Эмпирический (экстрапротермодинамический) подход к реакционной способности. Корреляционные уравнения, принцип линейности свободных энергий Гиббса. Уравнения Гаммета и Тафта. Связь параметров корреляционных уравнений с механизмом реакций.</p> <p>Принцип ЖМКО; его обоснование на основе теории возмущений МО.</p> <p>2.2. Количественная теория кислот и оснований. Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кислотно-основное равновесие. Понятие pH. Кинетическая и термодинамическая кислотность. Уравнение Бренстеда. Общий и специфический кислотно-основный катализ. Суперкислоты. Функции кислотности. Постулат Гаммета.</p> <p>2.3. Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций. Специфическая и неспецифическая (универсальная) сольвация. Клеточный эффект. Водородная связь. Классификация и шкалы параметров растворителей. Влияние сольвации на скорость и равновесие органических реакций. Уравнения Уинстейна и Грюнвальда, Коппеля-Пальма. Кислотность и основность в газовой фазе.</p> <p>Ассоциация ионов. Типы ионных пар и доказательства их существования. Влияние ассоциации ионов на их реакционную способность. Уравнение Акри.</p> <p>Межфазный катализ. Краун-эфиры, криптанды, поданды, катализаторы межфазного переноса. Понятие о супрамолекулярной химии.</p> <p>2.4. Основные типы интермедиатов.</p> <p>Карбениевые ионы (карбокатионы). Генерация карбокатионов в растворах и в газовой фазе. Влияние структурных и сольватационных факторов на стабильность карбокатионов. Строение карбокатионов. Понятие о неклассических ионах. Основные типы реакций карбокатионов и области их синтетического использования. Скелетные перегруппировки и гидридные сдвиги в карбокатионах.</p> <p>Карбанионы и СН-кислоты. Влияние структурных и эффектов среды на стабилизацию карбанионов. Основные</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

		реакции карбанионов, анионные перегруппировки. Амбидентные и полидентные анионы. Карбены. Электронная структура, синглетное и триплетное состояние карбенов. Методы генерации карбенов и использование их в органическом синтезе. Нитрены, их генерация, строение и свойства. Свободные радикалы и ион-радикалы. Методы генерирования радикалов. Электронное строение и факторы стабилизации свободных радикалов. Типы стабильных свободных радикалов. Основы методов ЭПР и ХПЯ. Катион- и анион-радикалы. Методы генерирования и свойства. Основные реакции ион-радикалов. Комплексы с переносом заряда.	
3	Основные типы органических реакций и их механизмы	<p>3.1. Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Механизмы <math>S_N1</math> и <math>S_N2</math>, смешанный ионно-парный механизм. Влияние структуры субстрата и полярности растворителя на скорости и механизм реакции. Анхимерное содействие и синартетическое ускорение, участие соседних групп, перегруппировки в ходе нуклеофильного замещения. Корреляционные уравнения Суэйна—Скотта и Эдвардса.</p> <p>3.2. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре. Типичные механизмы нуклеофильного замещения у <math>sp^2</math>-гибридного атома углерода. Винильный катион. Моно- и бимолекулярные процессы нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Катализ переходными металлами. Нуклеофильное замещение в нитропроизводных бензола. Нуклеофильное замещение водорода (викариозное замещение). Комплексы Мейзенхаймера. Нуклеофильное замещение в ароматических гетероциклах. Кине-замещение.</p> <p>3.3. Электрофильное замещение у атома углерода. Механизмы замещения <math>S_E1</math>, <math>S_E2</math>, <math>S_Ei</math>. Нуклеофильный катализ электрофильного замещения. Влияние структуры субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакций. Замещение у олефинового атома углерода и в ароматическом кольце. Генерирование электрофильных реагентов. Правила ориентации и их молекулярно-орбитальная интерпретация. Электрофильное замещение других групп, кроме водорода. Ипсо-замещение. Кинетические изотопные эффекты.</p> <p>3.4. Реакции элиминирования (отщепления). Механизмы гетеролитического элиминирования <math>E1</math> и <math>E2</math>. Стереоэлектронные требования и стереоспецифичность при <math>E2</math>-элиминировании. Термическое син-элиминирование.</p> <p>3.5. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям. Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофили, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций. Присоединение к сопряженным</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

		<p>системам. Катионная полимеризация олефинов. Нуклеофильное присоединение по кратным связям C=C. Механизм процесса. Влияние структуры нуклеофила и субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакции. Реакция Михаэля. Анионная полимеризация олефинов.</p> <p>3.6. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе: присоединение оснований, включая карбанионы, металлорганических соединений. Реакция Анри. Кислотный и основной катализ присоединения. Енолизация альдегидов и кетонов. Механизм этерификации кислот и получение ацеталей. Конденсации карбонильных соединений, карбоновых кислот и их производных. Нуклеофильное присоединение к альд- и кетиминам и карбоний- иммониевым ионам (реакция Манниха).</p> <p>3.7. Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах. Классификация перегруппировок: пинаколиновая и ретропинаколиновая, перегруппировка Демьянова. Перегруппировка Вагнера—Мейервейна. Перегруппировки с миграцией к атому азота (Гофмана, Курциуса, Бекмана). Реакция Байера—Виллигера.</p> <p>3.8. Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования. Цепные радикальные реакции. Полимеризация, теломеризация, реакции автоокисления. Ингибиторы, инициаторы и промоторы цепных реакций. Редокс-реакции. Электросинтез органических соединений.</p> <p>3.9. Молекулярные реакции (цис-транс-изомеризация, распад молекул, размыкание циклов). Коарктатные реакции.</p> <p>3.10. Согласованные реакции. Концепция сохранения орбитальной симметрии и правила Вудворда—Гофмана. Электроциклические реакции, сигматропные перегруппировки. Перициклические реакции (2+2) и (2+4)-циклоприсоединения. 1,3-диполярное циклоприсоединение.</p> <p>3.11. Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений. Прототропные и сигматропные перегруппировки. Правило Корнблюма. Кетеноальное равновесие. Нитросоединения и нитроновые кислоты, нитрозосоединения и оксими. Металлотропия.</p> <p>3.12. Основы фотохимии органических соединений. Синглетные и триплетные состояния, флуоресценция и фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия. Основные типы фотохимических реакций. Явление фотохромизма.</p>	
4	Принципы современного органического синтеза и установления строения органических соединений	<p>4.1. Выбор оптимального пути синтеза. Принцип ретросинтетического анализа. Линейные и конвергентные схемы синтеза. Синтоны и синтетические эквиваленты. Защита функциональных групп. Методы</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/vie">https://edu.vsu.ru/course/vie</a>

		<p>введения и удаления защитных групп.</p> <p>4.2. Основные пути построения углеродного скелета.</p> <p>4.3. Методы введения важнейших функциональных групп и пути перехода от одних функций к другим.</p> <p>4.4. Элементоорганические соединения (производные фосфора, бора, кремния, меди, лития, магния, олова) в органическом синтезе. Металлокомплексный катализ.</p> <p>4.5. Использование химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений. Спектроскопия ЯМР, ЭПР, колебательная и электронная спектроскопия, масс- и хромато-масс-спектрометрия. Газожидкостная и жидкостная хроматография, ионообменная и гельпроникающая хроматография, электрофорез. Рентгеноструктурный анализ и электронография. Рефрактометрия.</p> <p>4.6. Особенности оборудования и методики проведения реакций в гетерофазных и гетерогенных системах. Современные методы обработки реакционных масс, очистки и выделения продуктов. Проведение реакций на твердых носителях. Принципы комбинаторной химии.</p> <p>4.7. Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. «Зеленая химия». Термохимия органических реакций. Тепловой взрыв.</p>	w.php?id=125 06
5	Использование ЭВМ в органической химии и информатика	<p>5.1. Основные представления о применении неэмпирических и полуэмпирических методов квантово-химических вычислений и расчетов методами молекулярной механики для определения электронного и пространственного строения, конформационного состава, теплот образования, энергий напряжения и активации химических реакций, колебательных и электронных спектров, реакционной способности органических соединений.</p> <p>5.2. Традиционные средства химической информации и методы их использования. Автоматизированные информационно-поисковые системы. Понятие об эмпирических корреляциях структура-свойство (QSAR, QSPR). Спектроструктурные корреляции. Машинное планирование и поиск путей синтеза органических соединений. Метод расчленения, выбор трансформов, ретронов и синтонов, способов связывания синтонов друг с другом.</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>
II. Синтетические методы в органической химии и химические свойства соединений			
6	Алканы	<p>6.1. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, синтез через литийдиалкилкураты, электролиз солей карбоновых кислот (Кольбе), восстановление карбонильных соединений.</p> <p>6.2. Реакции алканов: галогенирование, сульфохлорирование. Селективность</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

		<p>радикальных реакций и относительная стабильность алкильных радикалов. Термический и каталитический крекинг. Ионные реакции алканов в суперкислых средах (дейтероводородный обмен и галогенирование).</p> <p>6.3. Циклоалканы. Методы синтеза и строение циклопропанов, циклобутанов, циклопентанов и циклогексанов. Синтез соединений со средним размером цикла (ацилоиновая конденсация). Типы напряжения в циклоалканах и их подразделение на малые, средние и макроциклы. Конформационный анализ циклогексана, моно- и дизамещенных циклогексанов; аксиальные и экваториальные связи. Влияние конформационного положения функциональных групп на их реакционную способность в ряду производных циклогексана на примере реакций замещения, отщепления и окисления. Реакции расширения и сужения циклов при дезаминировании первичных аминов (Демьянов). Сужение цикла в реакции Фаворского (□-галогенциклоалканоны).</p>	
7	Алкены	<p>7.1. Методы синтеза: элиминирование галогеноводородов из алкилгалогенидов, воды из спиртов. Синтез алканов из четвертичных аммониевых солей (Гофман), N-окисей третичных аминов (Коуп). Стереоселективное восстановление алкинов. Стереоселективный синтез <i>цис</i>- и <i>транс</i>-алканов из 1,2-диолов (Кори, Уинтер). Региоселективный синтез алканов из тозилгидразонов (Шапиро). Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алканов. Основания, используемые в реакции. Стабилизированные и нестабилизированные илиды. Стереохимия реакции. Хемоселективность реакции Виттига. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэль—Арбузов) и их использование в синтезе алканов (вариант Виттига—Хорнера—Эммонса). Область применения реакции.</p> <p>7.2. Реакции алканов: электрофильное присоединение галогенов, галогеноводородов, воды. Процессы, сопутствующие AdE-реакциям: сопряженное присоединение, гидридные и алкильные миграции. Гидрокси- и аллоксимеркурирование. Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Региоспецифические гидроборирующие агенты. Превращение бороганических соединений в алканы, спирты, алкилгалогениды. Окисление алканов до оксиранов (Прилежаев). Понятие об энантиомерном эпоксидировании алканов по Шарплесу (в присутствии изопропилата титана и эфира L-(+)-винной кислоты). <i>Цис</i>-гидроксилирование алканов по Вагнеру (<math>\text{KMnO}_4</math>) и Криге (<math>\text{OsO}_4</math>). Окисление алканов галогеном в присутствии солей серебра: <i>цис</i>-(Вудворт) и <i>транс</i>-(Прево) гидроксилирование. Радикальные реакции алканов: присоединение бромистого водорода по Харашу, сероводорода и тиолов. Аллильное галогенирование по Циглеру.</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

		Внутримолекулярная радикальная циклизация 6-галогеналканов при действии трибутилоловогидрида. Гетерогенное гидрирование: катализаторы, каталитические яды. Гидрогенолиз связей углерод-гетероатом. Гомогенное гидрирование: катализаторы, механизм. Региоселективность гомогенного гидрирования. Присоединение синглетных и триплетных карбенов к алканам. Карбеноиды, их взаимодействие с алканами.	
8	Алкины	<p>8.1. Методы синтеза: отщепление галогеноводородов из дигалогенидов, реакция 1,2-дигидразонов с оксидом ртути (II) и тетраацетатом свинца. Усложнение углеродного скелета алкинов: реакции ацетиленидов натрия и меди, магнийорганических производных алкинов. Конденсация алкинов-1 с кетонами и альдегидами (Фаворский, Реппе).</p> <p>8.2. Реакции алкинов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация (Кучеров). Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. Окислительная конденсация терминальных алкинов в присутствии солей меди</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>
9	Алкадиены	<p>9.1. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, синтез Фаворского—Реппе, кросс-сочетание на металлокомплексных катализаторах.</p> <p>9.2. Реакции 1,3-диенов: галогенирование и гидрогалогенирование, 1,2- и 1,4-присоединение. Реакция Дильса—Альдера с алканами и алкинами, ее типы: карбо-реакция, гетеро-реакция. Диены и диенофилы. Охинодиметаны в качестве диенов. Катализ в реакции Дильса—Альдера. Стереохимия реакции. Региоселективность [4+2]-циклоприсоединения в случае несимметричных диенов и диенофилов. Ретро-реакция Дильса—Альдера. Применение силоксидиенов в синтезе алициклов и гетероциклов.</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>
10	Спирты и простые эфиры	<p>10.1. Методы синтеза одноатомных спиртов: из алканов, карбонильных соединений, сложных эфиров и карбоновых кислот.</p> <p>10.2. Реакции одноатомных спиртов: замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген (под действием галогеноводородов, галогенидов фосфора и хлористого тионила). Реагенты регио- и стереоселективного замещения (комплексы трифенилфосфина с галогенами и четыреххлористым углеродом). Дегидратация спиртов. Окисление первичных и вторичных спиртов. Реагенты окисления на основе соединений хрома (VI), диоксида марганца и диметилсульфоксида (методы Моффета и Сверна).</p> <p>10.3. Методы синтеза и реакции двухатомных спиртов. Окислительное расщепление 1,2-диолов (иодная кислота, тетраацетат свинца). Пинаколиновая перегруппировка.</p> <p>10.4. Методы синтеза простых эфиров: реакция Вильямсона, алcoxимеркурирование</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

		<p>спиртов.</p> <p>10.5. Реакции простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами.</p> <p>10.6. Гидропероксиды. Краун-эфиры, их получение и применение в синтезе.</p> <p>10.7. Оксираны. Способы получения. Раскрытие оксиранового цикла под действием электрофильных и нуклеофильных агентов.</p>	
11	Альдегиды и кетоны	<p>11.1. Методы получения альдегидов и кетонов: из спиртов, производных карбоновых кислот, алkenов (озонолиз), алкинов (гидроборирование), на основе металлорганических соединений. Ацилирование и формилирование аренов.</p> <p>11.2. Реакции альдегидов и кетонов: присоединение воды, спиртов, тиолов. 1,3-Дитианы и их использование в органическом синтезе. Обращение полярности C=O-группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов. Взаимодействие альдегидов и кетонов с илидами фосфора (Виттиг) и серы. Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями. Перегруппировка Бекмана. Взаимодействие альдегидов и кетонов с металлорганическими соединениями. Енамины, их алкилирование и ацилирование. Альдольно-кротоновая конденсация альдегидов и кетонов как метод усложнения углеродного скелета. Направленная альдольная конденсация разноименных альдегидов с использованием литиевых и кремниевых эфиров енолов. Конденсация альдегидов и кетонов с малоновым эфиром и другими соединениями с активной метиленовой группой (Кневенагель). Аминометилирование альдегидов и кетонов (Манних). Бензоиновая конденсация. Конденсация с нитроалканами (Анри). Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов, реагенты восстановления. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов: реакции Клемменсена и Кижнера—Вольфа. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Окисление кетонов надкислотами по Байеру—Виллигеру.</p> <p>11.3. <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>-непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов. Реакция 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, цианистого водорода, галогеноводородов. Эпоксидирование <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>-непредельных кетонов. Сопряженное присоединение енолятов и енаминов к <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>-непредельным альдегидам и кетонам (Михаэль). Доноры и акцепторы Михаэля. Катализаторы реакции, ее обратимость. Ретро-реакция. Реакции анелирования. Вариант Робинсона. Использование <math>\alpha</math>-хлоркетонов и производных оснований Манниха. <math>\beta</math>-силированные винилкетоны (Сторк) и енамины в реакциях анелирования.</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>
12	Карбоновые кислоты и их производные	12.1. Методы синтеза кислот: окисление первичных спиртов и альдегидов, алkenов,	Орг химия аспирантура_

	<p>алкинов, алкилбензолов, гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот, синтез на основе металлорганических соединений, синтезы на основе малонового эфира.</p> <p>12.2. Реакции карбоновых кислот: галогенирование по Гелю-Фольгарду-Зелинскому, пиролитическая кетонизация, электролиз по Кольбе, декарбоксилирование по Хунсдиккеру.</p> <p>12.3. Методы получения производных карбоновых кислот: галогенангидридов, ангидридов, сложных эфиров, нитрилов, амидов. Кетены, их получение и свойства.</p> <p>12.4. Реакции производных карбоновых кислот: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, металлорганические соединения). Восстановление галогенангидридов до альдегидов по Розенмунду и комплексными гидридами металлов. Взаимодействие галогенангидридов с диазометаном (реакция Арнданта-Эйстерта). Восстановление сложных эфиров до спиртов и альдегидов, нитрилов – до аминов и альдегидов комплексными гидридами металлов. Малоновая кислота: синтезы с малоновым эфиром, реакция Михаэля, конденсации с альдегидами (Кневенагель). Сложноэфирная и ацилоиновая конденсации. Особенности эфиров двухосновных кислот (образование карбоциклов) в этих реакциях. Сложные эфиры <math>\alpha</math> -галогенокислот в реакциях Реформатского. Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе.</p> <p>12.5. Методы синтеза <math>\alpha</math> , <math>\beta</math> -непредельных карбоновых кислот: дегидратация гидроксикислот, реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина (синтез коричных кислот). Реакции присоединения по двойной связи. Бромо- и иodo-лактонизация <math>\alpha</math> , <math>\beta</math> -непредельных карбоновых кислот</p>	1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>	
13	<p>Синтетическое использование реакций электрофильного замещения в ароматическом ряду</p>	<p>13.1 Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.</p> <p>13.2. Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование бифенила, нафталина, ароматических аминов и фенола. Получение полинитросоединений. Ипсо-атака и ипсо-замещение в реакциях нитрования. Восстановление нитро-группы в различных условиях.</p> <p>13.3. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм галогенирования аренов и их производных.</p> <p>13.4. Сульфирование. Сульфирующие агенты. Кинетический и термодинамический контроль реакции (сульфирование фенола и нафталина). Превращение сульфогруппы.</p> <p>13.5. Алкилирование аренов по Фриделю-</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

		<p>Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Полиалкилирование. Побочные процессы: изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов. Синтез диарил- и триарилметанов.</p> <p>13.6. Ацилирование аренов. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Особенности ацилирования фенолов, перегруппировка Фриса. Формилирование по Гаттерману-Коху, Гаттерману и Вильсмейеру. Область применения этих реакций.</p>	
14	Нитросоединения и амины	<p>13.1. Нитроалканы. Синтез из алкилгалогенидов. Кислотность и таутомерия нитроалканов. Конденсация с карбонильными соединениями (Анри). Восстановление в амины. Превращение вторичных нитроалканов в кетоны (Мак-Марри).</p> <p>13.2. Методы получения аминов: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, алкилазидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Синтез аминов с третичным алкильным радикалом (Риттер), взаимодействие альдегидов и кетонов с формиатом аммония (Лейкарт).</p> <p>13.3. Реакции аминов. Алкилирование и ацилирование. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Окисление третичных аминов до N-оксидов, их термолиз (Коуп). Получение нитронов из N,N-диалкилгидроксиаминов. Реакции [3+2]-циклоприсоединения нитронов (образование пятичленных азотистых гетероциклов).</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>
15	Гетероциклические соединения	<p>Природа ароматичности ненасыщенных гетероциклов, их классификация.</p> <p>Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Важнейшие методы синтеза, взаимные переходы (реакция Юрьева). Зависимость свойств от природы гетероатомов. Реакции гидрирования и окисления. Фуран и ацетилпиррол в диеновом синтезе.</p> <p>Ориентация электрофильного замещения в пятичленных гетероциклах. Нитрование, сульфирование (Терентьев), галогенирование, ацилирование, формилирование, меркурирование. Получение и свойства пирролкалия и пирролмагнийгалогенидов. Конденсация пиррола с формальдегидом и муравьиной кислотой. Представления о строении и биохимической роли хлорофилла и гемоглобина. Фурфурол, его получение и использование в синтезе.</p> <p>Индол, его синтез по Фишеру, химические свойства: восстановление, протонная подвижность водорода NH-группы. Реакции электрофильного замещения в ядре индола (сравнение с поведением пиррола). Индолилмагнийбромид, индолилнатрий, их</p>	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

	<p>реакции. Оксопроизводные индола, лактам-лактивная таутомерия. Роль соединений индола в природе. Индиго, его синтез.</p> <p>Пятичленные гетероциклы с несколькими гетероатомами. Синтезы и свойства пиразола и имидазола. Понятие о триазолах и тетразолах. Гистидин.</p> <p>Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин. Синтез простейших производных пиридина, их нахождение в природе. Электронное строение. Реакции с алкилгалогенидами, комплексы с бромом, серным ангидридом. Окислительные и восстановительные реакции производных пиридина. Электрофильное замещение в ядро пиридина (нитрование, сульфирование, бромирование). N-Окись пиридина, ее использование в синтезе. Расщепление пиридинового кольца. Нуклеофильные реакции пиридинов с амидом натрия (Чичибабин), едким кали, фениллитием. Таутомерия 2- и 4-окси- и аминопиридинов. С-Н-Кислотность николинов и пиридиниевых солей. Рециклизация производных пиридина по Косту-Сагитулину.</p> <p>Хинолин. Синтезы Скраупа и Дебнера-Миллера. Поведение в реакциях окисления, восстановления, нитрования, сульфирования. 6-Окси-хинолин, синтез и использование в аналитической химии. Нуклеофильные реакции хинолина, конденсация 2-метилхинолина.</p> <p>Шестичленные гетероциклы с несколькими гетероатомами. Пиримидины и пурины, их роль в природе. Урацил, тимин, цитозин – компоненты нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК). Нуклеозиды и нуклеотиды – их роль в первичной структуре нуклеиновых кислот. Иллюстрация возможностей синтеза динуклеотидов. Вторичная структура нуклеиновых кислот, представление о механизме передачи генетической информации.</p>	
--	---	--

**13. Методические указания по освоению дисциплины:** Изучение конспектов лекций, работа с литературой и подбор дополнительной литературы по теме научного исследования, подготовка ответов на вопросы, сообщений по теме. При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ»(<https://edu.vsu.ru>) и/или “МООК ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>)

**14. Перечень литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

**а) основная литература:**

№ п/п	Источник
1	Реутов О.А. Органическая химия : в 4 ч. : учебник для студ. вузов, обуч. по направлению и специальности "Химия" / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007-2010.
2	Смит В.А. Основы современного органического синтеза / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - М. :

**б) дополнительная литература:**

№ п/п	Источник
3	Джоуль Дж. Химия гетероциклических соединений / Дж. Джон, К. Миллс. - М. : Мир, 2004. - 728 с.
4	Шабаров Ю.С. Органическая химия : в 2-х ч. / Ю.С. Шабаров. 2-е изд., испр. М. : Химия, 1996.
5	Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности 011000 "Химия" и направлению подгот. 510500 "Химия" / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков .— М. : Мир, 2006 .— 683 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
6	Полнотекстовые базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из сети ВГУ (сайт научной библиотеки ВГУ, URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> ): ЭБС Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
7	Научная электронная библиотека ( <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a> )
8	Орг химия аспирантура_1; <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12506</a>

**15. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1	Задачи и упражнения по органической химии : Учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений, обуч.-ся по направ. и спец. "Химия" / Н. И. Коптева, Л. В. Моисеева, А. С. Соловьев ; Под ред. Г. В. Шаталова .— Воронеж : Изд-во ВГУ, 1995 .— 126 с.
2	Практикум по органической химии : учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов / А. И. Артеменко, И. В. Тикунова, Е. К. Ануфриев .— 3-е изд., испр. — М. : Высш. шк., 2001 .— 186 с.
3	Органический синтез : наука и искусство / В. Смит, А. Бочков, Р. Кейпл ; пер. с англ.: В. А. Смита, А. Ф. Бочкова .— М. : Мир, 2001 .— 573 с.
4	Основы органической химии лекарственных веществ / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, И.В. Шендрик .— 2-е изд., испр. и доп. — М. : Мир, 2003 .— 190 с.
5	Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектроскопии в органической химии : учебное пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Л.А. Казицина, Н.Б. Куплетская .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во Московского ун-та, 1979 .— 236 с.

**16. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины проводятся индивидуальные занятия в формате лекций, семинаров и коллоквиумов. Самостоятельная работа включает подготовку к индивидуальным занятиям и их анализ, подготовку к текущей и промежуточной аттестации с использованием источников, указанных в п.п. 14-15.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме собеседований, сообщений по заданной теме и индивидуального опроса. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше. При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся,

включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “МООК ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

## **17. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийной техникой: ноутбук «Acer», мультимедийный проектор «Benq», экран

---

## **18. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестаций**

### **18.1. Текущий контроль**

Задания для собеседований и сообщений:

- I. 1. Исходя из метана, с помощью ряда превращений получите стильбен. Какие изомеры характерны для этого соединения? Напишите уравнения необходимых реакций и объясните их механизм.
- I. 2. Предложите реакции, с помощью которых можно установить строение 3,5-диметил-3-гептена. Какие реакции характерны для этого соединения? Предложите их механизм.
- I. 3. Соединение имеет общую формулу C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>. Известно, что оно взаимодействует с кислородом в присутствии серебра, присоединяет бром, окисляется перманганатом калия с образованием бензойной кислоты. В присутствии перекисей взаимодействует с 1,3-бутадиеном с образованием полимерного продукта. Предложите строение этого соединения, напишите указанные реакции и объясните их механизм.
- I. 4. С помощью каких реакций из метана можно получить этилбензол, используя в качестве других реагентов только неорганические вещества? Объясните механизм проводимых превращений.
- I. 5. С помощью каких реакций можно разделить смесь пентана, 1-пентена, 2-пентена, 1-пентина?
- I. 6. Предложите рациональный путь синтеза 1-метилнафталина, исходя из этана. Сравните реакционную способность этого соединения с толуолом в реакции бромирования в присутствии катализатора; Объясните механизм этой реакции.
- I. 7. Фотохимическое сульфохлорирование n-додекана смесью хлора и сернистого газа (в условиях введения одной группы SO<sub>2</sub>Cl) показало, что образуется смесь изомеров. Напишите схему реакции и структурные формулы всех образующихся моносульфохлоридов. Каково соотношение изомеров?
- I. 8. Напишите реакции бромирования на свету 2-метилбутана, приведите ее механизм и охарактеризуйте превращения, приводящие к синтезу соответствующих углеводородов.
- I. 9. Напишите структурную формулу углеводорода C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>, который не дает осадка с аммиачным раствором зakisи меди; при нагревании с разбавленной серной кислотой в присутствии сульфата ртути образует вещество C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>O, дающее характерные реакции на карбонильную группу; при окислении образует изофтальевую кислоту.
- I. 10. В какой последовательности надо проводить реакции, чтобы из бензола получить 1-хлор-2,4-динитробензол? Напишите уравнения реакций, объясните их механизм и укажите возможные побочные продукты.

I. 11. Расположите углеводороды в порядке возрастания их реакционной способности в реакциях электрофильного присоединения: пропен, метилацетилен, 2-метил-2,4-пентадиен. Напишите механизм реакции АЕ для этих соединений.

I. 12. Определите соединения  $C_5H_8$ , если оно реагирует с аммиачным раствором хлористой меди с образованием осадка красного цвета, при нагревании со спиртовым раствором щелочи изомеризуется в углеводород, который при окислении наряду с другими продуктами дает ацетон.

I. 13. При добавлении 1,3-бутадиена к эфирному раствору тетрацианэтилена образуется бесцветный кристаллический продукт. Каково его строение? Предложите механизм реакции.

I. 14. Напишите структурную формулу углеводорода  $C_8H_{16}$ , если: 1) при действии  $N$ -бромсукцинида образуется третичное галогенпроизводное; 2) при гидрировании образуется углеводород, который образуется в качестве единственного продукта по реакции Вюрца из первичного галогеналкила. Напишите указанные реакции и объясните их механизм.

II. 1. Соединение  $C_8H_8O_3$  может быть разделено на энантиомеры; при энергичном окислении дает бензойную кислоту; вступает в реакции с уксусным ангидридом и растворами щелочей. Напишите структурную формулу этого соединения и необходимые реакции. Что является причиной существования его в виде энантиомеров?

II. 2. Предложите наиболее рациональный, экономически обоснованный (доступность реагентов) и экологически наименее опасный путь синтеза  $\beta$ -фенилэтилового спирта. Какими реакциями можно подтвердить строение этого соединения?

II. 3. Предложите синтез оптически активного спирта, используя в качестве исходного соединения 1-бутилен. Объясните механизм реакций.

II. 4. Какие соединения образуются при обработке эфирного раствора смеси 2,3-дibромпентана и 1,4-дibромпентана магнием, а затем последовательно избытком формальдегида и водой? Как можно доказать строение полученных продуктов?

II. 5. Из этилбензола и пропена возможно коротким путем получите  $\beta$ -фенилтриметилэтанол. Какими химическими превращениями можно подтвердить его строение? Напишите необходимые уравнения реакций и объясните их механизм.

II. 6. Предложите синтез 1,3-дифенил-1-(*n*-толил)-1-пропанола из  $\beta$ -фенилэтилового спирта. Объясните механизм реакции. Какие изомеры существуют для этого соединения?

II. 7. Соединения А и Б имеют одинаковый состав  $C_9H_{12}O$ . Вещество А оптически активно. Оно медленно реагирует с металлическим натрием с выделением газа. Вещество Б растворяется в щелочи. Оба вещества при нагревании с уксусным ангидридом образуют продукты с приятным запахом. При действии бихромата калия соединение А дает бензойную кислоту, а Б – темнозеленое окрашивание. Определите структуру А и Б, напишите уравнения указанных реакций.

II. 8. Эвгенол, составная часть гвоздичного масла, представляет собой 2-метокси-4-аллилфенол. Предложите способ синтеза его из доступного сырья. Какие реакции для него характерны?

II. 9. Предложите наиболее перспективный метод синтеза салицилового альдегида, исходя первоначально из неорганических веществ. С помощью каких реакций можно подтвердить строение этого соединения, каков их механизм?

II. 10. Из пирокатехина и других необходимых реагентов осуществите синтез 4-окси-3-метоксибензальдегида (ванилина). Объясните механизм проводимых реакций.

- II. 11. Осуществите синтез гептозы из D-галактозы. Напишите формулы Фишера и Хеуорса для этого соединения.
- II. 12. С помощью каких реакций из малонового эфира можно получить 2-метил-4-оксибутановую кислоту? Какие превращения возможны при ее нагревании?
- II. 13. Предложите допустимые методы синтеза  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -оксипентановых кислот из ацетилена и неорганических веществ. С помощью каких реакций можно разделить эти изомеры?
- II. 14. Укажите, какие из приведенных ниже кислот способны к рацемизации, а какие нет? Приведите необходимые объяснения.
- II. 15. Из ацетоуксусного эфира, этилена и неорганических веществ получите адипиновую кислоту. Объясните предложенные реакции. С помощью каких превращений можно подтвердить строение адипиновой кислоты?
- II. 16. Из моносахара состава  $C_6H_{12}O_6$  получен гидроксинитрил, продукт гидролиза которого при восстановлении образовал 2-метилгексановую кислоту. Установите строение моносахара.
- II. 17. Предложите экономически наиболее безопасный путь синтеза ацетилсалациловой кислоты (аспирина), исходя из неорганических реагентов и уксусного ангидрида. Какими свойствами обладает это соединение?
- II. 18. Исходя из малонового эфира, осуществите синтез диэтилового эфира метилэтилмалоновой кислоты и предложите для него превращения, приводящие к получению разнообразных полифункциональных соединений.
- II. 19. Пропилен обработали последовательно хлорноватистой кислотой, цианидом натрия, подвергли кислотному гидролизу, затем действовали бромом при ультрафиолетовом облучении. Напишите схему конфигурационных превращений для указанных веществ.
- II. 20. Какие исходные соединения необходимо использовать для получения 1-метил-3-карбэтоксипиperiона-4 методом сложноэфирной конденсации? С помощью каких данных можно подтвердить строение этого вещества?
- II. 21. При обработке смеси ацетона и этилформиата этилатом натрия в эфире образуется 1,3,5-триацетилбензол. Объясните механизм этого превращения.
- II. 22. Соединение состава  $C_7H_{12}O_2$  взаимодействует с алкоголятами щелочных металлов, галоидными алкилами, аммиаком, гидразином, бензальдегидом. Ни само это вещество, ни продукты его превращения не дают реакцию «серебряного зеркала». Предложите возможную структуру молекулы, напишите указанные реакции и объясните их механизм.
- II. 23. Соединение имеет общую формулу  $C_8H_8O$ , легко вступает в реакции с бисульфитом натрия, синильной кислотой, фенилгидразином. При окислении перманганатом калия образует кислоту, легко переходящую при нагревании в соответствующий ангидрид, который является сырьем для получения широко известного индикатора. Напишите необходимые реакции и объясните их механизм.
- II. 24. Предложите рациональный путь синтеза фенил(трифенилметил)кетона, исходя из ацетилена. Есть ли отличия в реакционной способности этого кетона и ацетона? Ответ подтвердите соответствующими реакциями и рассмотрением их механизма.
- II. 25. Из 2-пентанона получите 2,3-пентандион. Какими химическими превращениями можно подтвердить строение этого дикетона? Почему нельзя получить  $\alpha$ -дикетоны действием металлов на галогенангидриды карбоновых кислот?
- II. 26. При окислении соединения А общей формулы  $C_5H_{10}O$  одним из продуктов реакции явился формальдегид. Дегидратация А приводит к углеводороду Б, дегидрирование

которого и последующая гидратация образующегося при дегидрировании вещества дает соединение В, способное к кето-енольной таутомерии. Предложите строение соединения А. Напишите указанные реакции.

II. 27. При озонолизе одного из ксилолов получены глиоксаль, метилглиоксаль и диметилглиоксаль. Каково строение ксилола?

II. 28. Определите строение соединения состава  $C_8H_8O$ , которое взаимодействует с фенилгидразином и гидроксиламином, не изменяется при действии спиртового раствора цианида калия, а при окислении хромовой кислотой превращается в кислоту состава  $C_7H_6O_2$ .

II. 29. Для каких из указанных ниже соединений возможна межмолекулярная или внутримолекулярная реакция Канниццаро: пропаналь, изомасляный ангидрид, трифенилуксусный альдегид, орто-нитробензальдегид, фенилглиоксаль?

II. 30. Предложите доступный способ синтеза пара-нитробензоилацетона. Какими особенностями в реакционной способности отличается это соединение? Напишите необходимые реакции и объясните их механизм.

II. 31. Какие вещества образуются при взаимодействии метилэтилкетона с ацетофеноном в присутствии щелочных катализаторов? Объясните механизм предложенного превращения.

II. 32. Получите с помощью магнийорганического синтеза пропилфенилкарбинол, взяв в качестве одного из исходных веществ бензальдегид.

III. 1. Предложите возможный путь синтеза 2-нитро-2-метилбутана из метана, объясните механизм предложенных реакций. Какие изомеры образуются при прямом нитровании 2-метилбутана? Какие различия в химических свойствах позволяют разделить эти соединения?

III. 2. Используя реакцию диазотирования, осуществите синтез следующих соединений: мета-хлорэтилбензола, пара-фторнитробензола, орто-бромфенола. Объясните механизм реакции диазотирования.

III. 3. С помощью каких реакций можно различить изомерные нитроанилины?

III. 4. Из анилина получите пара-нитрозо-N-этиланилин, пара-аминодиметиланилин, пара-бром-N-этиланилин. Сравните их основные свойства и дайте необходимые объяснения.

III. 5. Определите строение соединения состава  $C_3H_8NCl$ , которое при действии азотистой кислоты переходит в соединение  $C_3H_7OCl$ , взаимодействующее с уксусной кислотой, а при действии спиртового раствора щелочи исходное соединение легко превращается в вещество с четко выраженными непредельными свойствами. Предложите механизмы осуществляемых реакций.

III. 6. Вещество состава  $C_8H_{11}N$  вступает в реакцию диазотирования с образованием соединения состава  $C_8H_{10}O$ , которое дает фиолетовое окрашивание с раствором хлорного железа, взаимодействует со щелочами и формальдегидом. Какова структура соединения формулы  $C_8H_{11}N$ , какие изомеры для него возможны?

III. 7. Из пропена путем последовательных превращений получите н-бутиламин. С помощью каких реакций можно подтвердить наличие в его молекуле первичной аминогруппы?

III. 8. Какие продукты и в каком соотношении образуются при нагревании азобензола в растворах: а) толуола; б) нитробензола; в) хлорбензола? Напишите необходимые реакции и объясните их механизм.

III. 9. Из н-амилового спирта получите н-бутил-, н-амил-, н-гексиламины, пользуясь возможно более короткими путями синтеза.

III. 10. Соединение А состава  $C_7H_7NO$  при взаимодействии с пара-толилмагнийбромидом образует вещество Б ( $C_{14}H_{15}NO$ ), а с анилином – окрашенное вещество В ( $C_{13}H_{12}N_2$ ). Напишите схему этих превращений. Какое из этих соединений представляет наибольший практический интерес?

IV. 1. Установите строение вещества  $C_4H_2O_3$ , обладающего нейтральным характером и обесцвечивающего бромную воду, если известно, что при его гидролизе образуется соединение  $C_4H_4O_4$ , существующее в виде геометрических изомеров. Для этих изомеров приведите общие реакции и реакции, отличающие их друг от друга.

IV. 2. Каким путем можно превратить бензойную кислоту в фенилуксусную и фенилуксусную – в бензойную?

IV. 3. Вещество  $C_7H_{14}O_2$  реагирует со щелочами, при прокаливании с ёдким натром дает углеводород  $C_6H_{14}$ , который можно получить электролизом соли изомасляной кислоты. Исходное вещество при действии брома в присутствии фосфора дает соединение  $C_7H_{13}BrO_2$ . Установите строение вещества  $C_7H_{14}O_2$ , напишите соответствующие реакции и объясните их механизм.

IV. 4. С помощью ацетоуксусного эфира получите 3-метил-2-этилбутановую кислоту. Укажите условия и рассмотрите механизм предлагаемых реакций.

IV. 5. Какая из кислот будет проявлять большую активность в реакции этерификации с изопропанолом: бензойная, орто-нитробензойная, орто-толуиловая, пара-хлорбензойная? Расположите их в порядке убывания активности, ответ поясните. Приведите механизм реакции этерификации при участии бензойной кислоты.

IV. 6. Соединения А и Б имеют состав  $C_5H_8O_2$ . При их гидратации образуются два рацемата одинакового состава. После окисления озоном и разложения образующегося озонида получаются уксусный альдегид и пировиноградная кислота. Приведите структуры А и Б, напишите указанные реакции и объясните их механизм.

IV. 7. Получите  $\alpha$ - и  $\beta$ -нафтилуксусные кислоты из нафталина всеми возможными способами. Не пользуясь справочными данными, сравните их кислотность.

IV. 8. Вещество  $C_4H_4O_4$  обладает кислым характером, присоединяет водород, при нагревании превращается в соединение состава  $C_4H_2O_3$ , обесцвечивающее бромную воду. Установите строение вещества  $C_4H_4O_4$  и напишите для него формулы всех изомеров.

IV. 9. Какие последовательные химические превращения необходимо осуществить с уксусной кислотой для получения малонового эфира? Объясните механизм предлагаемых реакций.

IV. 10. Из ацетилена и неорганических реагентов получите уксуснапропионовый ангидрид.

IV. 11. Установите строение вещества состава  $C_6H_{12}O$ , которое при действии уксусного ангидрида дает продукт  $C_8H_{14}O_2$ , а при окислении – адипиновую кислоту. Охарактеризуйте свойства последнего соединения.

IV. 12. Определите строение вещества, имеющего формулу  $C_2H_3N$  (для которого возможно строение нитрила или изонитрила), если при гидролизе его образуются муравьиная кислота и метиламин, а при восстановлении – диметиламин.

IV. 13. Из янтарной кислоты получите адипиновую. Объясните механизм предлагаемых реакций.

IV. 14. Получите с помощью магнийорганических соединений непредельные кислоты, исходя из следующих веществ: 1) 1-бром-2,3-диметилпентана; 2) 4-бром-1-бутена; 3) бромистого аллила.

IV. 15. Получите этилацетат из ацетилена. Приведите механизм реакций.

IV. 16. Получите акрилонитрил всеми способами. В чем заключается особенность его реакционной способности?

IV. 17. Напишите структурные формулы аминокислот состава  $C_4H_9NO_2$ . С помощью каких превращений можно разделить эти соединения? Приведите соответствующие реакции и объясните их механизм.

IV. 18. С помощью каких превращений из этилацетата можно получить 2-аминогексан? Объясните механизм предлагаемых реакций.

IV. 19. Какое строение имеет соединение А состава  $C_7H_7NO_2$ , которое не взаимодействует с водным раствором щелочи, при окислении превращается в соединение  $C_7H_5NO_4$ , а при хлорировании А на свету образуется один тризамещенный продукт. Предложите возможный рациональный путь синтеза вещества А и механизм реакции его хлорирования.

IV. 20. Приведите возможные реакции превращения ацетилена в 3-аминопропановую кислоту. Подтвердите строение конечного продукта с помощью химических реакций.

IV. 21. Исходя из ацетоуксусного эфира и других необходимых реагентов осуществите синтез циклогексилуксусной кислоты. С помощью каких превращений из нее можно получить 2-циклогексилдиэтиламин?

IV. 22. Предложите способы синтеза соответствующих нитропроизводных из орто-пропилфенола. Полученные соединения введите в реакцию со щелочью. Дайте необходимые объяснения предлагаемым превращениям.

IV. 23. Предложите схему синтеза этилового эфира *n*-аминобензойной кислоты (анестезина) из анилина. Объясните механизм предлагаемых реакций.

IV. 24. Имея в качестве исходных соединений любые неорганические вещества, путем последовательных превращений осуществите синтез 5-амино-2-гептанола. Объясните механизм предлагаемых реакций.

IV. 25. Предложите рациональный путь синтеза сиреневого альдегида общей формулы  $C_{10}H_{12}O_4$ , которое при действии на него диметилсульфата дает соединение  $C_{10}H_{12}O_4$ , лишенное кислотных свойств; не вступает в реакцию с формальдегидом, а при окислении образует диэфир галловой кислоты.

IV. 26. Природное соединение эфедрин растворяет натрий, взаимодействует с азотистой кислотой, образует соли. Его общая формула  $C_{10}H_{15}O$ . Предложите строение молекулы эфедрина и возможный путь его синтеза.

IV. 27. Осуществите синтез  $\alpha$ -аланина, имея в качестве исходного соединения  $\alpha$ -аминофенилуксусную и  $\alpha$ -кетопропионовую кислоту. Объясните механизм предлагаемых реакций.

IV. 28. Два изомерных соединения А и Б были выделены из масла листьев лавра. Они отвечают формуле  $C_{10}H_{12}O$ , не растворяются в воде, разбавленных кислотах и щелочах, взаимодействуют с раствором перманганата калия, брома в четыреххлористом углероде. При энергичном окислении оба вещества образуют аниловую кислоту. При каталитическом гидрировании образуется одно и то же вещество состава  $C_{10}H_{14}O$ . Какие структуры можно предложить для соединений А и Б на основании этих данных?

IV. 29. При гидролизе трипептида образуются 1 моль глицина, 1 моль пролина, 1 моль аспарагиновой кислоты. Этот трипептид содержит три карбонильные группы и не

реагирует с 2,4-динитрофторбензолом. Какая структура может соответствовать этому трипептиду?

IV. 30. Для установления конфигурации природных аминокислот Д-молочную кислоту превращают в Д-аланин. Осуществите этот переход. Объясните его стереохимию с точки зрения механизмов реакций.

IV. 31. Синтез 2-аминотиазола несложен и дешев. Винилацетат хлорируют при низкой температуре и полученный продукт вводят в реакцию с тиомочевиной. Напишите необходимые реакции и объясните их механизм.

IV. 32. Карбазол применяется для получения ценных кубовых красителей. Предложите его синтез из ацетилена и неорганических веществ. Объясните механизм проводимых реакций. Сравните основность карбазола, дифениламина и диэтиламина.

IV. 33. Фармацевтический препарат, полученный на основе 3-аллил-3-метилтетрагидрохинолин-2,4-диона обладает противосудорожным действием. Напишите его структурную формулу и предложите способ синтеза, исходя первоначально из анилина, ацетилена и любых неорганических веществ. Объясните проводимые превращения.

IV. 34. Никотиновая кислота и ее производные играют важную физиологическую роль. Осуществите синтез никотиновой кислоты и ее четырех различных производных, исходя из ацетилена и неорганических веществ. Объясните механизм проводимых реакций.

IV. 35. Предложите доступный метод синтеза 4-метилурацила, исходя из этилацетата и мочевины. Какой реакционной способностью обладает урацил?

IV. 36. Предложите наиболее удобный метод синтеза веронала (диэтилбарбитуровой кислоты) и рассмотрите механизмы проводимых реакций. Способна ли молекула веронала к таутомерии? Ответ поясните.

IV. 37. В молекулу природного алкалоида анабазина входят два гетероцикла. При окислении он превращается в никотиновую кислоту, а при дегидрировании – в а, β-дипиридин. Предложите строение молекулы анабазина и возможный путь его синтеза.

IV. 38. Возможны ли для фурана реакции диенового синтеза? Дайте объяснения и проведите реакции, подтверждающие диеновый и ароматический характер фуранового цикла.

IV. 39. Реакция Гаттермана в ряду пиррола может быть использована для синтеза α-пирролальдегида. Предложите ее механизм и напишите реакции полученного соединения с: а) ацетофеноном; б) натриевой солью этилового эфира индандин-1,3-карбоновой-2 кислоты.

IV. 40. β-Индолил-α-аминопропионовая кислота (триптофан) является важнейшей аминокислотой. Напишите формулу этого соединения и охарактеризуйте реакционную способность, исходя из строения молекулы.

IV. 41. Сравните ароматические свойства пиридина, пиrimидина, пиридазина и пиразина. Ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций. Есть ли различие в отношении этих соединений к окислителям?

IV. 42. Получите 2,4-дифенилпиррол и 2,5-дифенилфуран всеми возможными способами. Как доказать строение синтезированных соединений?

IV. 43. Расположите в ряд по степени легкости нитрования следующие соединения: пиридин, бензол, толуол, хинолин, тиофен, индол. Ответ поясните.

IV. 44. Получите изомерные метилпиридины всеми способами и сравните их основные свойства.

IV. 45. Синтезируйте различными способами хинальдин. Напишите реакции, характерные для этого гетероциклического соединения и объясните их механизм.

IV. 46. Из тиофена получите а-тиофенкарбоновую кислоту, используя реакцию Гриньяра. Объясните механизм проводимых реакций.

IV. 47. Получите а-метилиндол по реакции Фишера. Объясните ее механизм

При реализации дисциплины в течение семестра обучающийся выбирает по одному из заданий из каждого раздела из перечисленных, выполняет их и готовит краткие сообщения (10-15 минут) по тематике каждого из заданий для обсуждения на индивидуальном занятии.

## 19.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Вопросы к экзамену

1. Алканы. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
2. Нуклеофильное присоединение. Типы, примеры реакций. Механизм нуклеофильного присоединения к карбонильной группе
3. Алкены. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
4. Электрофильное замещение. Типы, примеры реакций. Механизм электрофильного замещения в ароматическом ряду
5. Алкины. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
6. Понятие о таутомерии. Примеры. Кето-енольная таутомерия, ее проявление в химических свойствах.
7. Ароматические соединения, бензол и его гомологи. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
8. Предельные монокарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
9. Полициклические арены с изолированными циклами: дифенил, дифенилметан и др.. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
10. Непредельные монокарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение.
11. Диены. Классификация, методы получения, строение, химические свойства, применение.
12. Основные положения теории Бутлерова строения органических соединений.
13. Циклопропаны, циклопропены, циклобутаны, циклобутены, циклопентаны, циклопентены. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
14. Типы изомерии. Классификация, примеры.
15. Полициклические арены с конденсированными циклами. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
16. Типы химической связи в органических соединениях. Их основные характеристики.
17. Моногидроксилпроизводные углеводородов со связью C(sp<sup>3</sup>)-X. Методы получения, строение, химические свойства, применение
18. Стереохимия органических соединений. Конформационный анализ
19. Гидроксилпроизводные углеводородов со связью C(sp<sup>2</sup>)-X: енолы и фенолы. Методы получения, строение, химические свойства, применение
20. Электрофильное присоединение. Типы, примеры реакций. Механизм электрофильного присоединения по кратной связи
21. Диолы. Методы получения, строение, химические свойства, применение

22. Эффект сопряжения в органических соединениях. Свойства, примеры, влияние на реакционную способность органических молекул
23. Циклогесаны, циклогептаны, циклооктаны, декалины, адамантан. Методы получения, строение, химические свойства, применение
24. Нуклеофильное замещение. Типы, примеры реакций. Механизмы нуклеофильного замещения  $SN1$  и  $SN2$  в ряду галогенпроизводных.
25. Арендиолы и триолы. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
26. Реакции полимеризации. Механизмы радикальной и ионной полимеризации
27. Простые эфиры, в том числе циклические. Методы получения, строение, химические свойства, применение.
28. Водородная связь. Природа, типы, влияние на физические и химические свойства органических соединений
29. Нитриты, нитраты, эфиры фосфорных и серной кислот, гидроперекиси. Методы получения, строение, химические свойства, применение
30. Ароматические монокарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, применение
31. Алифатические монокарбонильные соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
32. Ароматичность. Правило Хюккеля, ароматические системы, небензоидные ароматические системы.
33. Ненасыщенные и ароматические карбонильные соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
34. Квантовохимические представления в органической химии. Типы гибридизаций в органических соединениях.
35. 1,2 и 1,3-Дикарбонильные соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
36. Реакции циклоприсоединения. Типы, примеры реакций, механизмы
37. Производные карбонильных соединений: имины, оксимы, гидразоны и др.. Методы получения, строение, химические свойства, применение
38. Индукционный эффект. Свойства, примеры, влияние на реакционную способность органических молекул
39. Хиноны. Методы получения, строение, химические свойства, применение
40. Предельные, непредельные и ароматические дикарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
41. Сложные эфиры карбоновых кислот. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
42. Основные характеристики ковалентной связи: полярность, поляризуемость, энергия, длина, кратность
43. Ацилгалогениды. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
44. Реакции отщепления (элиминирования). Типы, примеры реакций
45. Нитроалканы, нитроалкены, нитроарены. Методы получения, строение, химические свойства, применение
46. Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом: пиррол, фуран, тиофен. Методы получения, строение, химические свойства
47. Алифатические амины. Методы получения, строение, химические свойства, применение
48. Конденсированные пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом: индол, карбазол. Методы получения, строение, химические свойства
49. Нитрозосоединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение

50. Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами: пиразол, имидазол. Методы получения, строение, химические свойства
51. Ароматические амины. Методы получения, строение, химические свойства, применение
52. Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами: оксазол, тиазол, бензотиазол. Методы получения, строение, химические свойства
53. Диазосоединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
54. Пятичленные гетероциклические соединения с несколькими гетероатомами: триазолы, тетразолы. Методы получения, строение, химические свойства
55. Енамины. Методы получения, строение, химические свойства, применение
56. Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом: пиридин, хинолин, изохинолин. Методы получения, строение, химические свойства
57. Алифатические и ароматические гидразины. Методы получения, строение, химические свойства, применение
58. Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом: пирилиевые соли, пироны, кумарины. Методы получения, строение, химические свойства
59. Тиолы, сульфиды, дисульфиды. Методы получения, строение, химические свойства, применение
60. Шестичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами: пиридазин, пиrimидин, пиразин. Методы получения, строение, химические свойства
61. Сульфоновые кислоты, их производные, сульфоны. Методы получения, строение, химические свойства, применение
62. Пуриновые основания. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
63. Сульфиновые кислоты, их производные, сульфоксиды. Методы получения, строение, химические свойства, применение
64. Нуклеотиды, нуклеозиды и нуклеиновые кислоты. Строение, химические свойства, биологическое значение
65. Ацилгалогениды. Методы получения, строение, химические свойства, применение
66. Аминокислоты, белки. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
67. Сложные эфиры карбоновых кислот. Методы получения, строение, химические свойства, применение
68. Моносахариды: гексозы, глюкоза. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
69. Амиды, имиды, гидразиды, азиды карбоновых кислот. Методы получения, строение, химические свойства, применение
70. Ди- и полисахариды. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
71. Тио-, дитиокислоты. Пероксикарбоновые кислоты, ацилпероксиды. Методы получения, строение, химические свойства, применение
72. Оптическая изомерия, основные понятия, термины
73. Нитрилы карбоновых кислот. Методы получения, строение, химические свойства, применение
74. Оксиальдегиды, оксикетоны. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
75. Соединения металлов 1 группы. Методы получения, строение, химические свойства, применение
76. Оксикислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение.
77. Соединения металлов 2 группы. Магнийорганические соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение

78. Кетокислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение. Ацетоуксусный эфир, применение в органическом синтезе
79. Соединения металлов 3 группы. Алюминийорганические соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
80. Моносахариды: пентозы, фруктоза. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
81. Бороганические соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
82. Предельные монокарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
83. Кремнийорганические соединения. Методы получения, строение, химические свойства, применение
84. Непредельные монокарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
85. Реакция азосочетания. Понятие об органических красителях и кислотно-основных индикаторах
86. Ароматические монокарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение
87. Реакции диазосоединений с выделением азота, применение в органическом синтезе
88. Предельные, непредельные и ароматические дикарбоновые кислоты. Методы получения, строение, химические свойства, биологическое значение