

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 15.05.2026 12:05:32

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет физико-математических и естественных наук

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

04.03.01 ХИМИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ХИМИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Органическая химия» входит в программу бакалавриата «Химия» по направлению 04.03.01 «Химия» и изучается в 3, 4, 5 семестрах 2, 3 курсов. Дисциплину реализует Кафедра органической химии. Дисциплина состоит из 37 разделов и 110 тем и направлена на изучение основных понятий теоретической органической химии, а также практических методов работы в лаборатории.

Целью освоения дисциплины является формирование широкого естественно-научного кругозора химика, владеющего знаниями о химических свойствах различных классов органических соединений, основными методами эксперимента в органической химии, навыками применения теоретических законов к решению практических задач.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Органическая химия» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;; УК-1.2 Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;;
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.2 Вырабатывает инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, целей;; УК-6.3 Анализирует свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.), для успешного выполнения поставленной задачи;; УК-6.4 Определяет задачи саморазвития, цели и приоритеты профессионального роста.;
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов, свойств веществ и материалов;; ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии;;
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности;; ОПК-2.2 Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик;; ОПК-2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.;
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме;; ОПК-6.2 Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры;;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов	ПК-1.1 Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования; ПК-1.2 Использует фундаментальные химические понятия в

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	химии при решении профессиональных задач	своей профессиональной деятельности; ПК-1.3 Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин;
ПК-4	Способен использовать современные методы синтеза, установления структуры и исследования свойств и реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-4.1 Способен планировать и осуществлять направленный синтез соединений в рамках поставленной задачи;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Органическая химия» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Органическая химия».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Введение в специальность; Математика; Цифровая грамотность; Неорганическая химия; Дополнительные разделы высшей математики;	Учебная практика; Преддипломная практика; Физическая химия; Строение вещества; Коллоидная химия; Химические основы биологических процессов и экологии; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии; <i>Введение в химию координационных соединений**;</i> <i>Основы нанохимии**;</i> <i>Химия лекарственных веществ**;</i> <i>Физико-химические методы исследования неорганических веществ**;</i> <i>Стратегия органического синтеза**;</i> <i>Основы нефтехимии**;</i> <i>Fundamentals of Contemporary Mass Spectrometry**;</i>
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе	<i>Прикладная физическая культура**;</i> Основы экономики и менеджмента;	Экспериментальные методы исследования в химии; Физическая химия; Учебная практика;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	принципов образования в течение всей жизни	Неорганическая химия;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	<i>Неорганическая химия;</i> <i>Иностранный язык**;</i> <i>Русский язык (как иностранный)**;</i>	Учебная практика; Научно -исследовательская работа; Физическая химия; <i>Иностранный язык в профессиональной деятельности**;</i> <i>Русский язык (как иностранный) в профессиональной деятельности**;</i>
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	<i>Неорганическая химия;</i>	Учебная практика; Научно -исследовательская работа; Физическая химия; Химическая технология; Строение вещества; Коллоидная химия; Высокомолекулярные соединения; Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа; Хроматография; Основы электронной и колебательной спектроскопии; Основы ЯМР; Основы масс-спектрометрии; Химические основы биологических процессов и экологии; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии;
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	<i>Неорганическая химия;</i>	Физическая химия; Химическая технология; Коллоидная химия; Экспериментальные методы исследования в химии; Научно -исследовательская работа;
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	<i>Неорганическая химия;</i> <i>Введение в специальность;</i>	Физическая химия; Химическая технология; Строение вещества; Коллоидная химия; Высокомолекулярные соединения; Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
			Хроматография; Основы электронной и колебательной спектроскопии; Основы ЯМР; Основы масс-спектрометрии; Химические основы биологических процессов и экологии; Избранные главы химии; Экспериментальные методы исследования в химии; <i>Физико-химические методы исследования неорганических веществ**</i> ; <i>Стратегия органического синтеза**</i> ; <i>Основы нефтехимии**</i> ; <i>Введение в химию координационных соединений**</i> ; <i>Основы нанохимии**</i> ; <i>Химия лекарственных веществ**</i> ; <i>Fundamentals of Contemporary Mass Spectrometry**</i> ; Учебная практика; Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;
ПК-4	Способен использовать современные методы синтеза, установления структуры и исследования свойств и реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	<i>Неорганическая химия;</i>	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; Экспериментальные методы исследования в химии; Физическая химия; Кристаллохимия и основы рентгеноструктурного анализа; Хроматография; Основы электронной и колебательной спектроскопии; Основы ЯМР; Основы масс-спектрометрии;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Органическая химия» составляет «21» зачетная единица.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)		
			3	4	5
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	504		144	144	216
Лекции (ЛК)	144		72	72	0
Лабораторные работы (ЛР)	360		72	72	216
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0	0	0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	162		0	54	108
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	90		36	18	36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	756	180	216	360
	зач.ед.	21	5	6	10

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Основные понятия органической химии	1.1	Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова.	Основные положения теории химического строения, порядок соединения атомов в молекулах углеродных соединений. Понятие валентности и последовательности связей, явление изомерии и классификация изомеров (структурные и пространственные). Взаимное влияние атомов в молекуле как основа для объяснения свойств органических веществ. Историческое значение теории Бутлерова и её роль в развитии органической химии.	ЛК, ЛР
		1.2	Гибридизация атома углерода, азота и кислорода, типы химических связей, виды изомерии.	Понятие гибридизации атомных орбиталей, типы гибридизации атома углерода (sp^3 , sp^2 , sp) с примерами соответствующих соединений. Гибридизация атомов азота (sp^3 , sp^2) и кислорода (sp^3), особенности строения их валентных орбиталей. Типы химических связей в органических соединениях: σ - и π -связи, их образование, свойства и различия. Виды изомерии: структурная (углеродного скелета, положения функциональной группы, межклассовая) и пространственная (геометрическая, оптическая).	ЛК, ЛР
		1.3	Поляризация связей.	Понятие полярной и неполярной ковалентной связи, смещение электронной плотности вдоль связи. Электроотрицательность атомов как причина поляризации связи, появление частичных зарядов δ^+ и δ^- . Влияние поляризации связей на реакционную способность молекул и ориентацию реакций. Индуктивный эффект как передача электронных влияний по цепи σ -связей.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Алканы	2.1	Получение. Реакционная способность, номенклатура, поворотная изомерия.	Понятие поворотной (конформационной) изомерии, заторможенные и заслонённые конформации на примере этана и других соединений. Принципы номенклатуры органических соединений (систематическая ИЮПАК, тривиальные названия) для различных классов. Основные способы получения органических веществ в лаборатории и промышленности. Факторы, определяющие реакционную способность молекул в зависимости от строения, гибридизации и электронных эффектов.	ЛК, ЛР
		2.2	Свободные радикалы. Реакции	Понятие свободных радикалов как частиц с неспаренным	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			радикального замещения.	электроном, их образование и стабильность. Примеры радикальных процессов в органической химии, инициирование и цепной механизм реакций. Реакции радикального замещения (SR) на примере галогенирования алканов, стадии цепи: инициирование, развитие, обрыв. Влияние условий реакции и природы галогена на региоселективность и соотношение продуктов.	
		2.3	Индуктивный эффект алкильных групп.	Понятие индуктивного эффекта как передачи электронных влияний по цепи σ -связей. Электронодонорный характер алкильных групп, их положительный индуктивный эффект (+I). Сравнение силы +I-эффекта для различных алкильных радикалов (метил, этил, изопропил, трет-бутил). Влияние индуктивного эффекта алкильных групп на распределение электронной плотности и стабильность карбокатионов.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Алкены	3.1	Получение. Реакционная способность, геометрическая изомерия.	Понятие геометрической (цис-транс) изомерии для соединений с двойной связью и циклических систем, условия её возникновения. Основные способы получения геометрических изомеров, особенности их физических и химических свойств. Сравнение реакционной способности цис- и транс-изомеров в различных реакциях. Правила номенклатуры геометрических изомеров с использованием обозначений цис/транс и E/Z..	ЛК, ЛР
		3.2	Электрофильное присоединение. Сопряжённое присоединение. Полимеризация. Мезомерный эффект.	Типы диеновых углеводородов: кумулированные (аллены), сопряжённые (1,3-диены) и изолированные диены, их структурные особенности. Методы получения диенов: дегидрирование алканов и алкенов, синтез Лебедева, дегидратация диолов. Реакционная способность сопряжённых диенов, стабилизация промежуточных частиц за счёт сопряжения. Механизмы 1,2- и 1,4-электрофильного присоединения к сопряжённым диенам, зависимость соотношения продуктов от температуры и полярности среды.	ЛК, ЛР
		3.3	Восстановление и окисление алкенов. Механизм реакций Прилежаева и Вагнера.	Понятие реакций окисления и восстановления в химии алкенов, изменение степени окисления углерода. Механизм реакции Прилежаева -эпоксидирование алкенов надкислотами с образованием оксиранов. Механизм реакции Вагнера - мягкое окисление алкенов перманганатом калия в нейтральной или слабощелочной среде с образованием син-диолов. Условия	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				протекания, стереохимический результат и препаративное значение обеих реакций.	
Раздел 4	Алкины и диены	4.1	Строение тройной связи. Методы получения алкинов, механизмы реакций нуклеофильного и электрофильного присоединения в алкинах.	Строение тройной связи: sp-гибридизация атомов углерода, образование двух π-связей и одной σ-связи, линейная геометрия фрагмента. Методы получения алкинов: дегидрогалогенирование дигалогеналканов, алкилирование ацетиленидов, пиролиз метана и другие промышленные способы. Механизм электрофильного присоединения (АЕ) к алкинам, особенности первой и второй стадий присоединения, правило Марковникова. Механизм нуклеофильного присоединения (АН) к алкинам на примере реакций с участием ацетиленид-анионов.	ЛК, ЛР
		4.2	Типы диеновых углеводородов. Получение. Реакционная способность. 1,2- и 1,4-Присоединение.	Типы диеновых углеводородов: кумулированные (аллены), сопряжённые (1,3-диены) и изолированные диены, их структурные особенности. Методы получения диенов: дегидрирование алканов и алкенов, синтез Лебедева, дегидратация диолов. Реакционная способность сопряжённых диенов, стабилизация промежуточных частиц за счёт сопряжения. Механизмы 1,2- и 1,4-электрофильного присоединения к сопряжённым диенам, зависимость соотношения продуктов от температуры и полярности среды.	ЛК, ЛР
		4.3	Реакция Дильса-Альдера. Полимеризация, каучуки, резины.	Реакция Дильса-Альдера как [4+2]-циклоприсоединение сопряжённого диена к диенофилу, механизм и стереоселективность процесса. Полимеризация диеновых углеводородов (1,3-бутадиен, изопрен, хлоропрен), типы полимеризации (радикальная, анионная, катионная). Строение и свойства синтетических каучуков, их вулканизация для получения резин. Отличие натурального каучука от синтетических, основные направления промышленного использования каучуков и резин.	ЛК, ЛР
Раздел 5	Циклоалканы.	5.1	Классификация карбоциклов по размеру и видам напряжения.	Классификация карбоциклов по размеру цикла: малые (циклопропан, циклобутан), средние (циклопентан, циклогексан), обычные (от C7 до C12) и макроциклы (более C12). Виды напряжений в циклах: угловое напряжение (отклонение валентных углов от тетраэдрических), торсионное напряжение (заслонённые конформации) и трансаннулярное	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				напряжение (взаимодействие несвязанных атомов). Распределение напряжений для разных размеров циклов, наименьшее напряжение у циклогексана в конформации кресла. Влияние напряжений на стабильность, реакционную способность и методы синтеза карбоциклов.	
		5.2	Трёх-шестичленные циклы. Получение, реакционная способность	Трёхчленные циклы (циклопропан, циклооксираны, циклоазиридины): строение, угловое и торсионное напряжение, повышенная реакционная способность в реакциях присоединения. Четырёхчленные циклы (циклобутан, β-лактамы, β-лактоны): напряжение цикла, склонность к раскрытию и термической изомеризации. Пятичленные циклы (циклопентан, тетрагидрофуран, пирролидин): незначительное напряжение, высокая стабильность, преимущественно реакции замещения. Шестичленные циклы (циклогексан, пиперидин, тетрагидропиран, диоксаны): конформационно подвижны (кресло, ванна), минимальное напряжение, ароматические свойства у бензола. Методы получения циклов разных размеров и их реакционная способность.	ЛК, ЛР
		5.3	Конформации и конфигурации циклогексана.	Конформации циклогексана: кресло, ванна, твист-форма, их относительная стабильность и энергетические различия. Особенности конформации кресла: аксиальные и экваториальные положения заместителей, чередование атомов выше и ниже средней плоскости цикла. Конфигурационная изомерия для замещённых циклогексанов: цис- и транс-изомеры, предпочтительное расположение объёмных заместителей в экваториальном положении. Влияние конформационной подвижности на физические и химические свойства, явление конформационного равновесия.	ЛК, ЛР
Раздел 6	Галогенопроизводные алифатического ряда	6.1	Получение галогенопроизводных. Свойства. Реакции нуклеофильного замещения (SN1 и SN2) и элиминирования (E1 и E2).	Методы получения галогенопроизводных: галогенирование алканов и аренов, присоединение галогенов и галогеноводородов к алкенам и алкинам, замещение гидроксильной группы в спиртах. Физические и химические свойства, полярность связи C-Hal, влияние строения радикала на реакционную способность. Механизмы нуклеофильного замещения: SN1 (двухстадийный, через карбокатион, стереохимия - рацемизация) и SN2 (одностадийный, через	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
			переходное состояние, обращение конфигурации). Механизмы элиминирования: E1 (двухстадийный, через карбокатион, преимущественно образование более замещённого алкена - правило Зайцева) и E2 (одностадийный, синхронный отрыв протона и уход галогена, стереоселективность).	
		6.2 Амбидентные нуклеофилы. Межфазный катализ и специфически сольватирующие растворители. Инверсия конфигурации в реакциях нуклеофильного замещения.	Понятие амбидентных нуклеофилов (например, CN^- , NO_2^- , енолят-ионы), способных атаковать электрофильный центр двумя разными атомами, образование смеси продуктов. Межфазный катализ с использованием четвертичных аммониевых или фосфониевых солей для переноса нуклеофила из водной фазы в органическую. Специфически сольватирующие растворители (диполярные апротонные: ДМСО, ДМФА, ацетонитрил), усиливающие нуклеофильность анионов за счёт слабой сольватации. Инверсия конфигурации (обращение Вальдена) в реакциях SN_2 как стереохимический признак бимолекулярного механизма.	ЛК, ЛР
		6.3 Сравнение реакционной способности производных с галогеном при sp^3 - и sp^2 -гибризованном атоме углерода.	Галогенопроизводные с sp^3 -гибризованным атомом углерода (алкилгалогениды): высокая реакционная способность в реакциях нуклеофильного замещения и элиминирования, полярность связи C-Hal. Галогенопроизводные с sp^2 -гибризованным атомом углерода: винилгалогениды (связь C=C-Hal) и арилгалогениды (галогенбензолы), низкая реакционная способность в SN -реакциях из-за частичного двосвязывания и сопряжения неподелённой пары галогена с π -системой. Исключение: аллил- и бензилгалогениды (sp^3 -гибридизация, но с сопряжением) проявляют повышенную реакционную способность за счёт стабилизации переходного состояния. Условия активации арилгалогенидов (электроноакцепторные заместители, катализ металлами).	ЛК, ЛР
		6.4 Полигалогенопроизводные. Металлоорганические производные.	Полигалогенопроизводные: дигалогеналканы (вицинальные и геминальные), тригалогенметаны (хлороформ, бромформ), тетрагалогенметаны и пергалогенированные углеводороды. Способы получения полигалогенопроизводных, особенности их физических свойств и реакционной способности. Металлоорганические производные: реактивы Гриньяра ($R-MgHal$), литийорганические ($R-Li$), цинкорганические и другие	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				соединения. Методы получения металлоорганических соединений, их строение, полярность связи С-М, использование в органическом синтезе как нуклеофильных реагентов.	
Раздел 7	Оптическая изомерия	7.1	Хиральный атом, энантиомеры. D,L- и R,S-номенклатура.	Понятие хирального атома углерода (асимметрического центра) как атома с четырьмя различными заместителями, условие хиральности молекулы. Энантиомеры как стереоизомеры, относящиеся друг к другу как предмет и несовместимое с ним зеркальное отражение, их оптическая активность. D,L-номенклатура для сахаров, аминокислот и других биогенных соединений, основанная на пространственной ориентации относительно эталонной молекулы (глицериновый альдегид). R,S-номенклатура по правилам Кана-Ингольда-Прелога: старшинство заместителей по атомному номеру, определение конфигурации (R - по часовой стрелке, S - против).	ЛК, ЛР
		7.2	Способы изображения молекул на плоскости. Проекционные формулы Фишера.	Способы изображения трёхмерных молекул на плоскости: клиновидные формулы (штрихи и треугольники для связей из плоскости), проекции Ньюмена (вид вдоль связи С-С) и перспективные формулы. Проекционные формулы Фишера как способ изображения хиральных молекул с тетраэдрическим центром: вертикальные связи направлены от наблюдателя, горизонтальные - к наблюдателю. Правила записи проекций Фишера, преобразование формул (повороты, перестановки заместителей) и их влияние на конфигурацию. Применение проекций Фишера для изображения диастереомеров, энантиомеров и мезо-соединений, особенно в химии углеводов и аминокислот.	ЛК, ЛР
		7.3	Оптическая активность. Диастереомеры и рацематы.	Оптическая активность как способность вещества вращать плоскость поляризованного света, связь с наличием хиральных центров и отсутствием плоскости симметрии. Энантиомеры (оптические антиподы) - одинаковое вращение по величине, но противоположное по знаку, идентичные свойства в ахиральной среде. Диастереомеры - стереоизомеры, не являющиеся зеркальными отражениями, отличаются по физическим свойствам и оптическому вращению. Рацематы (рацемические смеси) - эквимольные смеси энантиомеров, оптически	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				неактивны, методы разделения на индивидуальные энантиомеры (резолуция).	
Раздел 8	Одноатомные и многоатомные спирты, простые эфиры.	8.1	Промышленные и лабораторные методы синтеза одноатомных спиртов. Строение гидроксильной группы. Водородные связи.	Промышленные методы синтеза одноатомных спиртов: гидратация алкенов (сернокислотная и прямая каталитическая), оксосинтез (гидроформилирование алкенов с последующим гидрированием), брожение углеводов, восстановление оксида углерода. Лабораторные методы: восстановление карбонильных соединений (альдегидов и кетонов) комплексными гидридами (LiAlH_4 , NaBH_4), гидролиз галогенопроизводных, реакции реактивов Гриньяра с карбонильными соединениями. Строение гидроксильной группы: sp^3 -гибридизация атома кислорода, две неподелённые пары электронов, полярность связи O-H и C-O. Водородные связи между молекулами спиртов (межмолекулярные) и с водой, влияние на физические свойства (температуры кипения, растворимость).	ЛК, ЛР
		8.2	Кислотно-основные свойства спиртов. Реакции замещения гидроксильной группы и атома водорода в спиртах. Синтез простых и сложных эфиров.	Кислотные свойства спиртов: способность гидроксильной группы отдавать протон под действием сильных оснований (Na , K , NaN , металлоорганические соединения) с образованием алкоксидов. Основные свойства спиртов: протонирование гидроксильной группы сильными кислотами, образование оксониевых солей. Реакции замещения гидроксильной группы: нуклеофильное замещение OH на галоген (SOCl_2 , PBr_3 , HCl/ZnCl_2), образование алкилгалогенидов. Реакции замещения атома водорода гидроксильной группы: алкилирование и ацилирование спиртов. Синтез простых эфиров: реакция Вильямсона (взаимодействие алкоксида с алкилгалогенидом), межмолекулярная дегидратация спиртов (для симметричных простых эфиров). Синтез сложных эфиров: реакция этерификации спиртов с карбоновыми кислотами в присутствии кислотных катализаторов, ацилирование хлорангидридами и ангидридами.	ЛК, ЛР
		8.3	Получение и свойства глицерина и этиленгликоля. Триглицериды. Оксираны.	Получение глицерина (пропантриол-1,2,3) из пропилена через хлоргидринный или акролеиновый метод, а также как побочный продукт производства биодизеля. Получение этиленгликоля (этандиол-1,2) гидратацией оксирана	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				(этиленоксида) или из синтез-газа. Физические и химические свойства двухатомных и трёхатомных спиртов: высокая вязкость, растворимость в воде, реакции с кислотами, окисление до соответствующих карбонильных соединений. Триглицериды (жиры и масла) как сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот, реакции гидролиза, переэтерификации и гидрирования. Оксираны (эпоксиды): строение трёхчленного цикла с атомом кислорода, повышенная реакционная способность в реакциях нуклеофильного раскрытия цикла под действием воды, спиртов, аммиака и других нуклеофилов.	
Раздел 9	Нитросоединения и амины жирного ряда.	9.1	Электронное строение нитрогруппы. Синтез и изомерия нитропроизводных. Таутомерия нитросоединений. Аци-форма первичных и вторичных нитросоединений. Нитронаты. Химические свойства нитросоединений. Механизм реакции diazotирования.	Электронное строение нитрогруппы: сопряжение между атомами азота и кислорода, делокализация электронной плотности, наличие частичного положительного заряда на азоте и отрицательного на кислородах. Синтез нитропроизводных: нитрование ароматических соединений (смесь HNO_3 и H_2SO_4), нитрование алканов в газовой фазе (реакция Коновалова). Изомерия нитросоединений: истинные нитросоединения (R-NO_2) и аци-форма ($\text{R}_2\text{C=N}^+\text{-O}^- \text{OH}$) - нитроновая кислота. Таутомерия первичных и вторичных нитросоединений: подвижность α -водородных атомов, превращение истинной формы в аци-форму в присутствии оснований. Нитронаты (соли аци-формы нитросоединений) как интермедиаты в реакциях нитросоединений. Химические свойства нитросоединений: кислотные свойства (образование солей), восстановление до аминов (реакция Зинина), реакции с карбонильными соединениями (нитроальдольная конденсация Генри). Механизм реакции diazotирования: взаимодействие первичных ароматических аминов с азотистой кислотой в кислой среде, образование diaзониевых солей через стадии нитрозирования, дегидратации и изомеризации.	ЛК, ЛР
		9.2	Реакция Анри. Физические свойства аминов. Растворимость аминов в воде. Электронное строение аминогруппы. Основные свойства первичных, вторичных и третичных аминов. Влияние	Реакция Анри (нитроальдольная конденсация) - взаимодействие нитросоединений с карбонильными соединениями с образованием β -нитроспиртов. Физические свойства аминов: низшие амины - газы или жидкости с аммиачным запахом, высшие - твёрдые вещества.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			<p>электронодонорного эффекта алкильных групп на основность аминов. Изомерия и номенклатура аминов. Восстановление нитросоединений.</p>	<p>Растворимость аминов в воде: низшие амины хорошо растворимы за счёт водородных связей, с ростом углеводородного радикала растворимость падает. Электронное строение аминогруппы: sp^3-гибридизация азота, неподелённая электронная пара, полярность связи N-H. Основные свойства аминов: усиление основности в ряду $NH_3 < \text{первичные} < \text{вторичные}$ в газовой фазе, в растворе - влияние сольватации. Влияние электронодонорного эффекта алкильных групп на повышение основности за счёт стабилизации алкиламмоний-иона. Изомерия аминов: структурная (углеродного скелета, положения аминогруппы), функциональная (с нитросоединениями) и пространственная (хиральные амины). Номенклатура аминов: тривиальная, радикально-функциональная и систематическая (ИЮПАК). Восстановление нитросоединений до аминов: реакция Зинина (сульфид натрия, олово или железо в кислой среде), каталитическое гидрирование.</p>	
		9.3	<p>Механизм перегруппировки амидов, азидов и гидразидов карбоновых кислот в амины. Получение аминов алкилированием аммиака, а также по методу Габриэля. Взаимодействие первичных и вторичных аминов с азотистой кислотой</p>	<p>Механизм перегруппировки амидов (Гофмана), азидов (Курциуса) и гидразидов (Шмидта) в амины: миграция алкильного радикала к электронодефицитному атому азота с образованием изоцианата и последующим гидролизом до первичного амина. Получение аминов алкилированием аммиака: последовательное замещение атомов водорода алкильными группами, образование смеси первичных, вторичных, третичных аминов и четвертичных аммониевых солей. Метод Габриэля: алкилирование фталимида калия с последующим гидролизом или гидразиолизом для получения чистых первичных аминов без примесей. Взаимодействие первичных аминов с азотистой кислотой: образование диазониевых солей (ароматические) или спиртов с выделением азота (алифатические). Взаимодействие вторичных аминов с азотистой кислотой: образование N-нитрозаминов (жёлтые масла).</p>	ЛК, ЛР
		9.4	<p>Механизм превращения первичных аминов в спирты и вторичных – в нитроамины. Получение из третичных аминов солей</p>	<p>Механизм превращения первичных аминов в спирты: диазотирование азотистой кислотой с образованием нестабильной диазониевой соли и последующим гидролизом до</p>	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			четвертичных аммониевых оснований и превращение их в гидроксиды тетраалкиламмония. Расщепление последних по Гофману.	спирта с выделением азота. Механизм превращения вторичных аминов в нитроамины: нитрозирование азотистой кислотой с образованием N-нитрозамина, который окисляется до нитроamina. Получение из третичных аминов солей четвертичных аммониевых оснований алкилированием алкилгалогенидами. Превращение солей четвертичных аммониевых оснований в гидроксиды тетраалкиламмония обработкой оксидом серебра или ионообменной смолой. Расщепление гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману: термическое разложение с образованием третичного амина и алкена, ориентация элиминирования по менее замещённому атому углерода (правило Гофмана).	
Раздел 10	Альдегиды и кетоны.	10.1	Электронное строение карбонильной группы, распределение электронной плотности и дипольный момент. Изомерия и номенклатура оксосоединений. Синтез альдегидов и кетонов.	Электронное строение карбонильной группы: sp^2 -гибридизация атома углерода, π -связь между C и O за счёт перекрывания p-орбиталей, высокая полярность связи C=O. Распределение электронной плотности: частичный положительный заряд на углероде (δ^+) и отрицательный на кислороде (δ^-), высокий дипольный момент карбонильной группы. Изомерия оксосоединений: структурная (углеродного скелета, положения карбонильной группы, межклассовая с енолами и циклическими формами). Номенклатура альдегидов (суффикс -аль) и кетонов (суффикс -он), тривиальные и систематические названия по ИЮПАК. Синтез альдегидов: окисление первичных спиртов, дегидрирование спиртов, гидроформилирование алкенов (оксосинтез), восстановление нитрилов и хлорангидридов. Синтез кетонов: окисление вторичных спиртов, ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу, гидратация алкинов (реакция Кучерова), пиролиз кальциевых солей карбоновых кислот.	ЛК, ЛР
		10.2	Химические свойства оксосоединений. Взаимодействие альдегидов и кетонов с нуклеофильными реагентами. Механизмы образования полуацеталей, ацеталей и кеталей. Реакции карбонильных соединений с производными аммиака.	Химические свойства оксосоединений: реакции нуклеофильного присоединения, окисление, восстановление, реакции по α -водородному атому. Взаимодействие альдегидов и кетонов с нуклеофильными реагентами: общий механизм AN - нуклеофильная атака на карбонильный углерод с последующим протонированием. Механизм образования полуацеталей: присоединение спирта к альдегиду или кетону с	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				образованием полуацетала (обратимая реакция, катализ кислотой или основанием). Механизм образования ацеталей и кеталей: реакция полуацетала с избытком спирта в кислой среде, замещение гидроксильной группы на алкокси-группу. Реакции карбонильных соединений с производными аммиака (гидроксиламин, гидразин, семикарбазид, фенилгидразин): образование оксимов, гидразонов, семикарбазонов, фенилгидразонов - используются для идентификации и очистки оксосоединений.	
		10.3	Кето-енольная таутомерия карбонильных соединений. Подвижность α - водородов оксосоединений. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов.	Кето-енольная таутомерия карбонильных соединений: обратимое равновесие между кетонной ($C=O$) и енольной ($C=C-OH$) формами, катализируемое кислотами и основаниями. Подвижность α -водородов оксосоединений: повышенная кислотность α -водородных атомов за счёт стабилизации енолят-аниона делокализацией отрицательного заряда. Окисление альдегидов: легко окисляются до карбоновых кислот (реактивы Толленса, Фелинга, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$). Окисление кетонов: окисление в жёстких условиях с разрывом $C-C$ -связи (реакция Байера-Виллигера для циклических кетонов). Восстановление альдегидов и кетонов до первичных и вторичных спиртов: каталитическое гидрирование, комплексные гидриды ($LiAlH_4$, $NaBH_4$), реактив Гриньяра (для синтеза спиртов). Восстановление по Клемменсену (амальгама цинка с HCl) и Кижнеру-Вольфу (гидразин, щёлочь) - полное восстановление карбонильной группы до метиленовой.	ЛК, ЛР
Раздел 11	Диальдегиды и дикетоны, циклические кетоны. Альдольно-кетоновая конденсация.	11.1	Синтез и свойства диальдегидов и дикетонов. Глиоксаль, диацетил, ацетилацетон. Циклогексанон.	Синтез диальдегидов и дикетонов: окисление диолов, дигалогенопроизводных, а также альдольная конденсация и другие методы. Глиоксаль ($OHC-CHO$): простейший диальдегид, получают окислением ацетальдегида или этиленгликоля, используется в дублении желатина и синтезе гетероциклов. Диацетил ($CH_3-CO-CO-CH_3$): дикетон с масляным запахом, образуется при ферментации, применяется в пищевой промышленности как ароматизатор. Ацетилацетон ($CH_3-CO-CH_2-CO-CH_3$): β -дикетон, существует в кето-енольной таутомерии (преимущественно енольная форма), образует хелатные комплексы с металлами. Циклогексанон:	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				циклический кетон, получают окислением циклогексана или гидрированием фенола, сырьё для производства капролактама и адипиновой кислоты. Химические свойства диальдегидов и дикетонов: способность к циклизации, внутримолекулярным конденсациям, образованию гетероциклических соединений.	
		11.2	Альдольная и кротоновая конденсации, их механизм при основном и кислотном катализе.	Альдольная конденсация: взаимодействие альдегидов (или кетонов) с образованием β-гидроксикарбонильных соединений. При основном катализе - образование енолят-аниона, атака на карбонильную группу. При кислотном катализе - протонирование карбонильного кислорода и атака енолом. Кротоновая конденсация: дальнейшая дегидратация альдоля с образованием α,β-ненасыщенного карбонильного соединения.	ЛК, ЛР
Раздел 12	Одноосновные органические кислоты и их производные	12.1	Карбоксильная группа. Физические свойства органических кислот. Мезомерия аниона кислоты. Электролитическая диссоциация органических кислот. Изомерия и номенклатура карбоновых кислот. Подвижность водородов α-метиленового звена.	Карбоксильная группа -COOH: sp ² -гибридизация углерода, полярность связей, способность к диссоциации. Физические свойства: низшие кислоты - жидкости с резким запахом, высшие - твёрдые вещества, образование димеров за счёт водородных связей. Мезомерия аниона кислоты: делокализация отрицательного заряда между двумя атомами кислорода (R-COO ⁻). Электролитическая диссоциация: обратимый распад на протон и карбоксилат-анион, сила кислот зависит от заместителей. Изомерия: углеродного скелета, положения двойной связи (ненасыщенные), цис-транс-изомерия, межклассовая со сложными эфирами. Номенклатура: тривиальные названия (муравьиная, уксусная) и систематическая ИЮПАК (суффикс -овая кислота). Подвижность водородов α-метиленового звена: повышенная кислотность α-водородов за счёт стабилизации енолят-аниона сопряжением с карбонильной группой.	ЛК, ЛР
		12.2	Влияние заместителей на силу карбоновых кислот. Высшие карбоновые кислоты. Этерификация. Сложные эфиры и их свойства. Амиды, нитрилы – получение и свойства. Перегруппировка Гофмана. Ангидриды и галогенангидриды карбоновых кислот.	Электроноакцепторные заместители увеличивают силу кислоты, электронодонорные - уменьшают. Высшие карбоновые кислоты: жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая), их соли - мыла. Этерификация: реакция кислоты со спиртом в кислой среде, обратимый процесс. Сложные эфиры: приятный запах, гидролиз (омыление), переэтерификация, восстановление до спиртов. Амиды: получение из кислот и аммиака или хлорангидридов,	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>гидролиз, восстановление до аминов. Нитрилы: получение дегидратацией амидов или реакцией SN2 с CN⁻, гидролиз до кислот. Перегруппировка Гофмана: амид → первичный амин с потерей одного атома углерода. Ангидриды: получение дегидратацией кислот, ацилирующие агенты. Галогенангидриды: из кислот с SOCl₂ или PCl₅, высокореакционноспособны.</p>	
		12.3	<p>Получение и свойства. Изоцианиды. Механизм гидролиза производных карбоновых кислот. Свойства амидохлоридов, аминохлоридов и амидинов. Кетены. Непредельные карбоновые кислоты. Акриловая кислота, её эфиры и полимеры на их основе.</p>	<p>Изоцианиды: изонитрилы R-NC, получение из первичных аминов с хлороформом в щелочи, гидролиз до аминов и муравьиной кислоты. Механизм гидролиза производных кислот: нуклеофильное замещение у карбонильного углерода (SN на C=O). Амидохлориды, аминохлориды, амидины: получение из нитрилов, свойства как нуклеофилов и электрофилов. Кетены: R₂C=C=O, получение пиролизом ангидридов или кетонов, электрофильное присоединение. Непредельные карбоновые кислоты: акриловая (CH₂=CH-COOH) и метакриловая. Акриловая кислота и её эфиры: полимеризация, полиакрилаты и полиметакрилаты (плексиглас).</p>	ЛК, ЛР
Раздел 13	Двухосновные кислоты. Малоновый эфир. Синтезы на основе малонового эфира.	13.1	<p>Классификация и номенклатура двухосновных кислот. Общие методы синтеза двухосновных кислот: окисление циклоалканов, гидролиз моно- и динитрилов. СН-кислоты. Щавелевая, малоновая кислоты и малоновый эфир. Натриймалоновый эфир и его алкилирование – синтез карбоновых кислот.</p>	<p>Двухосновные кислоты: классификация (оксодикарбоновые, алкандикарбоновые, алкендикарбоновые), номенклатура (щавелевая, малоновая, янтарная). Общие методы синтеза: окисление циклоалканов и гидролиз динитрилов. СН-кислоты: повышенная кислотность α-метиленовых групп (малоновый эфир, ацетилацетон). Щавелевая кислота (HOOC-COOH): восстановитель, дигидрат. Малоновая кислота: декарбоксилирование при нагревании. Малоновый эфир (CH₂(COOC₂H₅)₂): получение этерификацией. Натриймалоновый эфир: алкилирование, гидролиз, декарбоксилирование - синтез карбоновых кислот.</p>	ЛК, ЛР
		13.2	<p>Янтарная и глутаровая кислоты. Ангидриды этих кислот. Сукцинимид. N-Бромсукцинимид, получение и использование в синтезах. Синтез и превращения адипиновой и пимелиновой кислот.</p>	<p>Янтарная (HOOC-CH₂-CH₂-COOH) и глутаровая (HOOC-(CH₂)₃-COOH) кислоты, получение гидролизом динитрилов или окислением циклов. Ангидриды: сукцинимид (циклический имид) из янтарного ангидрида и аммиака. N-Бромсукцинимид (NBS): получение бромированием сукцинимида, источник Br⁺, используется для аллильного и бензильного бромирования.</p>	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Адипиновая кислота (HOOC-(CH ₂) ₄ -COOH): окисление циклогексанола, сырьё для нейлона-6,6. Пимелиновая кислота (HOOC-(CH ₂) ₅ -COOH): синтез через малоновый эфир или окисление циклогептана.	
		13.3	Промышленные способы синтеза адипиновой кислоты. Полиамидное синтетическое волокно нейлон. Поведение двухосновных кислот при нагревании. Непредельные двухосновные карбоновые кислоты: малеиновая и фумаровая.	Промышленные способы синтеза адипиновой кислоты: двухстадийное окисление циклогексана до циклогексанола и циклогексанона, затем окисление азотной кислотой. Полиамидное волокно нейлон (нейлон-6,6): поликонденсация адипиновой кислоты и гексаметилендиамина. Поведение двухосновных кислот при нагревании: щавелевая и малоновая декарбоксилируются, янтарная и глутаровая образуют циклические ангидриды, адипиновая и выше - циклические кетоны. Непредельные двухосновные кислоты: малеиновая (цис) и фумаровая (транс), малеиновый ангидрид, различия в свойствах и термодинамическая стабильность.	ЛК, ЛР
Раздел 14	Гидроксикислоты.	14.1	Основность и атомность оксикислот. Изомерия и номенклатура одноосновных двухатомных оксикислот. Синтез α-оксикислот из α-галогено-, amino- и кетокислот. Получение α-оксикислот из карбонильных соединений, из α-диальдегидов и α-кетоальдегидов. Синтез β-оксикислот из α, β-непредельных кислот и по реакции Реформатского.	Соединения, содержащие гидроксильную и карбоксильную группы. Изомерия по положению OH (α, β, γ) и углеродному скелету, оптическая изомерия α-оксикислот. Получение α-оксикислот: гидролиз α-галогенокислот, диазотирование аминокислот, восстановление α-кетокислот, гидролиз циангидринов. Перегруппировка бензиловой кислоты для синтеза из α-диальдегидов и α-кетоальдегидов. β-Оксикислоты получают гидратацией α,β-ненасыщенных кислот и реакцией Реформатского.	ЛК, ЛР
		14.2	Химические свойства оксикислот. Производные оксикислот по спиртовой и карбоксильной группам. Превращения при нагревании α-оксикислот в лактиды, β-оксикислот в α, β-непредельные кислоты, γ- и δ-оксикислот – в лактоны.	Реакции по карбоксильной группе (этерификация, образование солей) и по гидроксильной группе (окисление, замещение). При нагревании α-оксикислот образуются лактиды (циклические димерные сложные эфиры). β-Оксикислоты при нагревании дегидратируются в α,β-ненасыщенные кислоты. γ- и δ-Оксикислоты внутримолекулярно этерифицируются с образованием γ- и δ-лактонов.	ЛК, ЛР
		14.3	Сtereoхимия и химические свойства молочной и винной кислоты. Яблочная и лимонная кислота.	Хиральность и оптическая активность молочной кислоты. Конфигурационные изомеры винной кислоты (D, L и мезо-форма). Строение и свойства яблочной кислоты как гидроксидикарбоновой кислоты. Лимонная кислота как трикарбоновая оксикислота без хирального центра. Реакции	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				дегидратации, декарбоксилирования и комплексообразования.	
Раздел 15	Кетокислоты. Ацетоуксусный эфир. Кетоенольная таутомерия.	15.1	Глиоксалева и пировиноградная кислота. Получение и свойства. Ацетоуксусная кислота. Механизм реакции ее разложения при нагревании. Синтез ацетоуксусного эфира по реакции сложноэфирной конденсации.	Кетоновая и енольная формы пировиноградной кислоты ($\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$), получение окислением молочной кислоты. Глиоксалева кислота (OHC-COOH), получение окислением глиоксаля или гидролизом дихлоруксусной кислоты. Ацетоуксусная кислота ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$), существует в кето-енольной таутомерии, при нагревании декарбоксилируется до ацетона. Механизм разложения: шестичленное переходное состояние, отщепление CO_2 . Синтез ацетоуксусного эфира ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOC}_2\text{H}_5$) сложноэфирной конденсацией Кляйзена из двух молекул этилацетата под действием этилата натрия.	ЛК, ЛР
		15.2	Кето-енольная таутомерия ацетоуксусного эфира. Хелатная структура енольной формы. Мезомерные (амбидентные) анионы. Реакции с переносом реакционного центра.	Кето-енольное равновесие ацетоуксусного эфира, преобладание енольной формы за счёт внутримолекулярной водородной связи. Хелатная структура енольной формы: шестичленный цикл с внутримолекулярной водородной связью между OH и C=O . Мезомерные (амбидентные) анионы: делокализация отрицательного заряда между атомами углерода и кислорода, два центра нуклеофильности. Реакции с переносом реакционного центра: алкилирование по углероду или ацилирование по кислороду в зависимости от условий (среда, уходящая группа).	ЛК, ЛР
		15.3	Кислотное и кетонное расщепление производных ацетоуксусного эфира. Синтез и свойства γ -кетовалериановой (левулиновая) кислоты.	Кислотное расщепление ацетоуксусного эфира: нагревание с разбавленной кислотой, гидролиз с декарбоксилированием до кетона (ацетон). Кетонное расщепление: действие концентрированной щёлочи с последующим подкислением, образование двух молекул карбоновой кислоты (уксусной). Левулиновая кислота ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$): получение кислотным гидролизом производных фурфурола или из сахарозы. Свойства: γ -кетокислота, при нагревании циклизуется в α,β -ненасыщенный лактон, восстанавливается до γ -валеролактона.	ЛК, ЛР
Раздел 16	Аминокислоты. Алифатические диазосоединения.	16.1	Физические свойства аминокислот. Биполярная (цвиттер-ионная) структура аминокислот. Стереохимия природных аминокислот. Реакция аминокислот с	Высокие температуры плавления и растворимость аминокислот в воде. Цвиттер-ионная форма и понятие изоэлектрической точки. L-Конфигурация природных α -аминокислот, исключение - глицин. Взаимодействие аминокислот с	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			сильными основаниями и с сильными кислотами.	кислотами и с основаниями.	
		16.2	Изоэлектрическая точка. Синтез α, β, γ -аминокислот. Реакции аминокислот по amino- и карбоксильной группе. Сложные эфиры, амиды и галогеноангидриды аминокислот	Понятие изоэлектрической точки и значение pH, при котором заряд молекулы равен нулю. Методы синтеза α -аминокислот (аминометилирование, восстановление оксимов, из галогенокислот), β - и γ -изомеров. Реакции по аминогруппе (ацилирование, алкилирование, образование оснований Шиффа) и по карбоксильной группе (этерификация, декарбоксилирование). Получение сложных эфиров аминокислот этерификацией в кислой среде. Синтез амидов и галогеноангидридов через защиту аминогруппы.	ЛК, ЛР
		16.3	Алифатические diazosоединения. Строение молекулы diazometана. Получение diazometана из эфира глицина и из N-нитрозометилмочевины. Реакция diazometана с карбоновыми кислотами и олефинами. Термолиз и фотолиз diazometана.	Строение diazometана CH_2N_2 : линейная молекула с поляризацией, два основных резонансных вклада. Получение из эфира глицина через нитрозирование и действие основания. Получение из N-нитрозометилмочевины с выделением газа. Реакция с карбоновыми кислотами: образование метиловых эфиров с выделением азота. Реакция с олефинами: присоединение с образованием циклопропанов. Термическое и фотохимическое разложение с образованием карбенов (метилена).	ЛК, ЛР
Раздел 17	Белки. Пептиды.	17.1	Строение полипептидов. Пептидная связь. Номенклатура полипептидов. Изомерия полипептидов. Олигопептиды и полипептиды. Методы синтеза пептидов. Твердофазный пептидный синтез. Защита аминогруппы и активирование карбоксильной группы α -аминокислот. Природные пептиды – гормоны окситоцин и вазопрессин. Пантотеновая кислота.	Пептидная связь -CONH- как фрагмент полипептидной цепи. Номенклатура пептидов: тривиальные названия или перечисление аминокислот с суффиксом -ил для всех, кроме C-концевой. Изомерия пептидов: порядок аминокислотных остатков (последовательность). Олигопептиды (до 20 остатков) и полипептиды (более 20). Синтез пептидов: активация карбоксильной группы одной аминокислоты и защита аминогруппы другой. Твердофазный синтез по Меррифилду: наращивание цепи на полимерном носителе. Защита аминогруппы (Boc, Fmoc) и активирование COOH (хлорангидридный, ангидридный, карбодиимидный метод). Окситоцин и вазопрессин - нейрогипофизарные гормоны, циклические пептиды. Пантотеновая кислота - пептид из β -аланина и пантотеновой кислоты, компонент кофермента А.	ЛК, ЛР
		17.2	Протеины и протеиды. Физические свойства белков. Методы выделения	Денатурация как нарушение пространственной структуры. Обратимое и необратимое высаживание белков. Кислотный,	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			индивидуальных белков. Гидролиз белков. Обратимое и необратимое высаливание белков. Денатурация белков. Качественные реакции на белки: биуретовая, ксантопротеиновая и нингидринная.	щелочной и ферментативный гидролиз до аминокислот. Биуретовая реакция на пептидные связи, ксантопротеиновая на ароматические аминокислоты, нингидринная реакция.	
		17.3	Первичная структура белков. N-Концевая и C-концевая аминокислоты. Методы установления аминокислотной последовательности. Электрофорез. Вторичная структура белков. α -Спираль и складчатые структуры. Водородные связи в белковых молекулах. Третичная и четвертичная структуры белков. Глобулярные и фибриллярные белки.	Порядок чередования аминокислотных остатков в полипептидной цепи. Определение N-концевой (методом ФДНБ-Сангера или дансилхлоридом) и C-концевой аминокислоты (гидразинолиз, карбоксипептидазы). Методы секвенирования: Эдмана (ступенчатое отщепление) и масс-спектрометрия. Электрофорез - разделение белков по заряду и размеру в электрическом поле. Вторичная структура: α -спираль (водородные связи внутри цепи, 3,6 остатка на виток) и β -складчатые листы (межцепочечные водородные связи). Третичная структура - глобулярная укладка одной цепи, четвертичная - ассоциация нескольких субъединиц. Глобулярные (ферменты, антитела) и фибриллярные (коллаген, кератин, фиброин) белки. Водородные связи как основной фактор стабилизации вторичной структуры.	ЛК, ЛР
Раздел 18	Углеводы.	18.1	Углеводы в природе. Фотосинтез. Классификация углеводов. Монозы: альдозы и кетозы. Дезоксисахариды, кислые сахара и аminosахариды. Олигосахариды и полисахариды (полиозы). Стереохимия моноз, проекционные формулы Фишера и Хеуорса. D- и L-конфигурационные ряды моносахаридов и их стереохимическая связь с D- и L-глицериновыми альдегидами.	Классификация: монозы, олигосахариды (2-10 остатков), полисахариды (более 10). Монозы: альдозы (с альдегидной группой) и кетозы (с кетонной). Дезоксисахариды (ОН заменён на Н), кислые сахара (COOH вместо CH ₂ OH), аminosахара (ОН на NH ₂). Стереохимия моноз: хиральные центры, D- и L-ряды по последнему хиральному атому, связь с глицериновым альдегидом. Проекционные формулы Фишера для цепных форм. Формулы Хеуорса для циклических (фуранозных и пиранозных) форм.	ЛК, ЛР
		18.2	Цепная и циклическая формы моноз, кольчато-цепная таутомерия. Гликозидный гидроксил и гликозиды. α - и β -Аномеры. Пиранозы и фуранозы, доказательство их строения.	Цепная (оксо-форма) и циклическая (полуацетальная) формы моноз, кольчато-цепная таутомерия. Гликозидный гидроксил (полуацетальный ОН) у аномерного атома углерода. Гликозиды - продукты замещения гликозидного гидроксила на OR, NR и другие группы. α - и β -Аномеры - стереоизомеры по аномерному центру. Пиранозы (шестичленный цикл) и фуранозы (пятичленный). Доказательства строения: реакции с метанолом (образование гликозидов), мутаротация, окисление	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				йодной кислотой.	
		18.3	Взаимные превращения D-глюкозы, D-маннозы и D-фруктозы. Мутаротация. Эпимеры.	Взаимные превращения D-глюкозы, D-маннозы и D-фруктозы через ендиольную форму. Мутаротация - самопроизвольное изменение угла вращения свежеприготовленного раствора глюкозы до равновесной смеси α - и β -аномеров. Эпимеры - диастереомеры, отличающиеся конфигурацией только у одного хирального центра (глюкоза и манноза - эпимеры по C-2).	ЛК, ЛР
Раздел 19	Углеводы реакции по функциональным группам	19.1	Химические свойства моносахаридов. Качественные реакции моноз. Реакции по гидроксильным и альдегидным группам. Альдоновые, альдаровые и уроновые кислоты. D-Глюцит (сорбит) и D-маннит. Озоны. Механизм реакции их образования.	Восстановление моноз до многоатомных спиртов (сорбит из глюкозы, маннит из маннозы). Окисление: альдоновые кислоты (окисление альдегидной группы), альдаровые кислоты (окисление обоих концов), уроновые кислоты (окисление только CH ₂ OH). Реакции по гидроксильным группам: этерификация, образование простых эфиров. Качественные реакции: Фелинга, Толленса (восстановление), с α -нафтолом (реакция Молиша). Озоны - производные моноз с тремя эквивалентами фенилгидразина. Механизм образования: присоединение фенилгидразина к альдегидной группе, окисление CH ₂ OH соседнего атома, повторное присоединение фенилгидразина.	ЛК, ЛР
		19.2	Методы удлинения и укорочения цепи сахаров. Методы Руфа и Калиани-Фишера. Превращение гексоз в 5-гидроксиметилфурфурол и левулиновую кислоту.	Метод Руфа: удлинение цепи через нитрил (циангидрид) с последующим гидролизом и восстановлением. Метод Калиани-Фишера: присоединение HCN к альдозе, гидролиз до альдоновой кислоты, лактонизация и восстановление до высшей альдозы. Укорочение цепи: реакция Воля (окисление, декарбоксилирование). Нагревание гексоз с кислотами: дегидратация до 5-гидроксиметилфурфуrolа. Дальнейшее превращение в левулиновую кислоту и муравьиную кислоту.	ЛК, ЛР
		19.3	Промышленные способы получения D-глюкозы и ее применение. Аскорбиновая кислота (витамин С). Стадии химического и биохимического промышленного производства витамина С.	Гидролиз крахмала (кукурузного, картофельного) с использованием ферментов или кислот. Применение D-глюкозы в пищевой промышленности (кондитерские изделия, напитки), фармацевтике и как сырьё для получения сорбита. Химический синтез витамина С (метод Рейхштейна): гидрирование D-глюкозы до D-сорбита, микробиологическое окисление до L-сорбозы, химические стадии до 2-кето-L-гулоновой кислоты и лактонизация. Современные двухстадийные биохимические процессы с использованием	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				микробных ферментаций для получения витамина С .	
Раздел 20	Дисахариды. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара.	20.1	Восстанавливающие и невосстанавливающие биозы. Сахароза, распространение ее в природе и промышленное производство. Инвертированный сахар. Карамель. Строение сахарозы. Мальтоза (солодовый сахар) -восстанавливающая биоза. Целлобиоза и лактоза (молочный сахар), нахождение в природе и ее строение. Гликозиды биоз.	Биозы: восстанавливающие (свободный гликозидный гидроксил) и невосстанавливающие (гликозидный гидроксил замещён). Сахароза: невосстанавливающая, α -D-глюкопиранозил- β -D-фруктофуранозид, источник - сахарный тростник и свёкла. Инвертированный сахар: гидролиз сахарозы, смесь глюкозы и фруктозы. Карамель: продукт термической дегидратации сахарозы. Мальтоза: восстанавливающая биоза, два остатка D-глюкозы (α -1,4-связь). Целлобиоза: восстанавливающая, β -1,4-связь глюкозы. Лактоза: восстанавливающая, β -D-галактопиранозил- β -D-глюкопираноза (β -1,4-связь). Гликозиды биоз: аномерный гидроксил замещён на агликон.	ЛК, ЛР
		20.2	Полисахариды (гликаны). Гомогликаны и гетерогликаны. Крахмал, нахождение в природе и способы его промышленного получения. Ферментативный и кислотный гидролиз крахмала. Декстраны и их применение. Строение крахмала. Амилоза и амилопектин, строение их макромолекул. α - (1→4) и α -(1→6)-связи.	Гомогликаны и гетерогликаны. Крахмал: источники, промышленное получение. Кислотный и ферментативный гидролиз крахмала. Декстраны, их применение. Строение крахмала: амилоза и амилопектин. α -(1→4) и α -(1→6)-гликозидные связи.	ЛК, ЛР
		20.3	Гликоген, строение его макромолекулы и биологическое значение. Целлюлоза (клетчатка). Физические свойства целлюлозы, строение его макромолекул. Гидролиз целлюлозы. Простые и сложные эфиры целлюлозы. Оксигетилловый, карбоксилловый и карбоксигетилловый эфиры целлюлозы; их промышленное производство и применение.	Гликоген: разветвлённый полисахарид из D-глюкозы (α -1,4 и α -1,6-связи), резервный углевод животных. Целлюлоза: линейный полисахарид из D-глюкозы с β -1,4-связями, прочность за счёт водородных связей. Физические свойства: нерастворимость в воде, высокая механическая прочность. Гидролиз целлюлозы концентрированными кислотами до D-глюкозы (ферментативно - до целлобиозы). Простые эфиры: метилцеллюлоза, этилцеллюлоза. Сложные эфиры: нитраты (пироксилин), ацетаты, ксантогенаты (вискоза). Оксигетилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), карбоксигетилцеллюлоза: получение этерификацией, применение как загустителей, стабилизаторов, плёнообразователей.	ЛК, ЛР
		20.4	Нитроцеллюлоза. Коллоксилин, его строение и применение в производстве	Коллоксилин и пироксилин, их степень нитрования. Применение коллоксилина в производстве нитрошёлка.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			нитрошелка. Тринитроцеллюлоза – пироксилин. Ацетатный и аммиачный шелк. Ксантогенатный способ промышленного производства вискозного шелка.	Ацетатный и аммиачный шёлк. Ксантогенатный способ получения вискозного шёлка.	
		20.5	Природные полиозы – хитин, пектины, камеди, маннаны и гиалуровая кислота. Гликопротеиды и связь их с группами крови человека. Спиртовое брожение. Стадии спиртового брожения, значение аденозинтрифосфата и кофермента – никотинамидадениндинуклеотида.	Природные полисахариды: хитин, пектины, камеди, маннаны, гиалуроновая кислота. Гликопротеиды и их связь с группами крови человека. Спиртовое брожение, его стадии. Роль аденозинтрифосфата и никотинамидадениндинуклеотида в процессе брожения.	ЛК, ЛР
Раздел 21	Ароматические углеводороды. Понятие ароматичности. Строение бензола и его производных.	21.1	Ароматические углеводороды. Номенклатура. Строение бензола: межатомные расстояния, кольцевое сопряжение и делокализация π -связей. Энергия гидрирования бензола и гипотетической системы циклогексатриена. Энергия стабилизации (резонанса) бензола. Резонансные (мезомерные) формулы бензола. Правило Хюккеля.	Номенклатура ароматических углеводородов. Строение бензола: межатомные расстояния, сопряжение и делокализация π -связей. Энергия гидрирования бензола и гипотетического циклогексатриена, энергия стабилизации. Резонансные формулы бензола и правило Хюккеля.	ЛК, ЛР
		21.2	Источники ароматических соединений: нефть, коксохимия, каталитический реформинг парафиновых и нафтеновых углеводородов. Синтез бензола и его химические превращения – каталитическое гидрирование, хлорирование при ультрафиолетовом облучении, озонлиз до малеиновой и мусконовой кислоты. Реакции замещения атомов водорода бензольного цикла. Озонлиз о-ксилола и гипотеза об осцилляции двойных связей.	Источники аренов: нефть, коксохимия, каталитический реформинг. Синтез бензола и его химические превращения (гидрирование, хлорирование на свету, озонлиз). Озонлиз о-ксилола и гипотеза об осцилляции двойных связей. Реакции замещения атомов водорода в бензольном цикле.	ЛК, ЛР
		21.3	Три типа аннуленов: ароматическое, неароматические и антиароматические. «Бензол Дьюара», «бензол Ладенбурга» и гексафторметилбензвален.	Классификация аннуленов (циклические сопряжённые полиены) на ароматические (соответствуют правилу Хюккеля), неароматические и антиароматические ($4n \pi$ -электронов). Бензол Дьюара и бензол Ладенбурга -неароматические изомеры	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				бензола. Гексафторметилбензол = соединение с валентной изомерией бензольного кольца, стабилизированное электроакцепторными заместителями.	
Раздел 22	Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре.	22.1	Изомерия и номенклатура ди- и полизамещённых бензолов.	Изомерия положения заместителей в ди- и полизамещённых бензолах (орто-, мета-, пара-), номенклатура с использованием локантов. Механизм электрофильного замещения (SE): электрофильная атака на π -систему бензола с образованием π -комплекса, затем σ -комплекса (интермедиат Уэланда). Стабилизация σ -комплекса за счёт делокализации положительного заряда по орто- и пара-положениям бензольного кольца, что иллюстрируется мезомерными формулами.	ЛК, ЛР
		22.2	Нитрование, сульфирование, галоидирование, алкилирование и ацилирование бензола.	Реакции электрофильного замещения: нитрование (смесь HNO_3 и H_2SO_4), сульфирование (олеум или конц. H_2SO_4), галогенирование (Cl_2 , Br_2 в присутствии катализаторов FeCl_3 , AlBr_3), алкилирование по Фриделю-Крафтсу (алкилгалогениды в присутствии AlCl_3), ацилирование по Фриделю-Крафтсу (хлорангидриды кислот). Правила ориентации для заместителей I и II рода. Кислоты Льюиса (AlCl_3 , FeBr_3 , BF_3) как катализаторы, генерирующие электрофильные частицы.	ЛК, ЛР
		22.3	Ароматические сульфокислоты. Обратимость сульфирования.	Ароматические сульфокислоты $\text{Ar-SO}_3\text{H}$, их получение сульфированием аренов. Обратимость реакции сульфирования: сульфокислоты гидролизуются в разбавленной серной кислоте при нагревании с выделением исходного арена.	ЛК, ЛР
Раздел 23	Галогенарены. Нуклеофильное замещение в ароматическом ядре.	23.1	Методы синтеза. Подвижность галогена в хлорбензоле и бензилхлориде. Реакции нуклеофильного замещения в галогенаренах.	Методы синтеза галогенаренов: прямое галогенирование аренов (электрофильное замещение) и получение из диазониевых солей (Зандмейер). Подвижность галогена в хлорбензоле низкая из-за сопряжения неподелённой пары хлора с π -системой кольца, тогда как в бензилхлориде ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{Cl}$) атом хлора находится вне кольца и легко замещается по механизму SN1 или SN2 . Реакции нуклеофильного замещения в неактивированных галогенаренах (например, хлорбензоле) протекают только в жёстких условиях (высокая температура, сильные нуклеофилы) по ариновому механизму.	ЛК, ЛР
		23.2	Подвижность галогена, находящегося в орто- и пара-положении относительно	Электроакцепторные нитрогруппы в орто- и пара-положениях к атому галогена резко повышают его	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			нитрогруппы.	подвижность за счёт стабилизации промежуточного σ -комплекса (комплекса Мейзенгеймера). Гидролиз 2,4-динитрохлорбензола водным раствором щёлочи приводит к 2,4-динитрофенолу, а пикрилхлорид (2,4,6-тринитрохлорбензол) гидролизуется даже холодной водой до пикриновой кислоты. Механизм S_NAr (нуклеофильное ароматическое замещение) включает стадию образования анионного σ -комплекса и последующее отщепление галогенид-иона.	
		23.3	Анионный σ -комплекс - комплекс Мейзенгеймера. Ариновый механизм замещения атома галогена в неактивированных галогенаренах.	Анионный σ -комплекс (комплекс Мейзенгеймера) - стабильный интермедиат в реакциях нуклеофильного замещения активированных галогенаренов. Ариновый механизм (отщепление-присоединение) для неактивированных галогенаренов.	ЛК, ЛР
Раздел 24	Алкилбензолы и Фенолы.	24.1	Алкилбензолы получение и свойства	Алкилбензолы (толуол, этилбензол, кумол): получение алкилированием по Фриделю-Крафтсу и восстановлением кетонов. Реакции по α -положению к бензольному ядру: галогенирование на свету (бензилгалогениды), окисление до бензойной кислоты, образование бензильных анионов под действием сильных оснований. Фенолы - слабые кислоты ($pK_a \approx 10$), кислотные свойства обусловлены стабилизацией феноксид-аниона за счёт сопряжения неподелённой пары кислорода с π -системой кольца. Электронные эффекты гидроксильной группы: мезомерный (+M) и индуктивный (-I), суммарно - ориентант I рода.	ЛК, ЛР
		24.2	Изомерия и номенклатура фенолов. Фенол, крезолы, тимол.	Изомерия фенолов по положению гидроксильной группы и заместителей (орто-, мета-, пара-крезолы). Тимол - пропилметилфенол, содержится в эфирном масле тимьяна. Кумольный метод (через гидропероксид изопропилбензола) - основной промышленный способ получения фенола и ацетона. О-Алкилирование фенола (простые эфиры) и О-ацилирование (сложные эфиры) действием алкилгалогенидов или хлорангидридов. Электрофильное замещение в фенолах (нитрование, бромирование, сульфирование) идёт легче, чем в бензоле, преимущественно в орто- и пара-положения.	ЛК, ЛР
		24.3	Механизм перегруппировки Кляйзена. Перегруппировка о-ацетилфенола в орто- и	Механизм перегруппировки Кляйзена: [3,3]-сигматропная перегруппировка аллиловых эфиров фенолов в орто-	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			пара-ацетилфенолы (Фрис). Фенолформальдегидные смолы. Салициловая кислота.	аллилфенолы, затем возможная вторая перегруппировка в пара-изомер. Перегруппировка Фриса: превращение сложных эфиров фенолов (о-ацетилфенола) в орто- и пара-ацетилфенолы в присутствии $AlCl_3$. Фенолформальдегидные смолы (новолачные и резольные) - продукты поликонденсации фенола и формальдегида, основа фенопластов. Салициловая кислота - орто-гидроксibenзойная кислота, получаемая из фенола (реакция Кольбе-Шмитта).	
Раздел 25	Двух- и трёхатомные фенолы. Хиноны	25.1	Пирокатехин, резорцин и гидрохинон. Флороглюцин. Синтез орто- и пара-бензохинонов. Хиноидная хромофорная группировка. Восстановление п-бензохинона. Механизм реакции восстановления	Пирокатехин (1,2-дигидроксибензол), резорцин (1,3-), гидрохинон (1,4-) и флороглюцин (1,3,5-тригидроксибензол). Синтез хинонов окислением соответствующих диоксибензолов (хинон - 1,4-бензохинон, орто-хинон - менее стабилен). Хиноидная хромофорная группировка ($C=O-C=C-C=O$) обуславливает жёлтую окраску п-бензохинона. Восстановление п-бензохинона до гидрохинона, механизм - последовательное двухэлектронное восстановление с образованием семихинонового анион-радикала.	ЛК, ЛР
		25.2	Реакция с переносом электрона. Семихиноновый анион-радикал. Хлоранил – активный окислитель. Убихинон (кофермент Q). Строение его окисленной и восстановленной формы. Участие убихинона в процессе дыхания.	Реакции с переносом электрона (одноэлектронное восстановление/окисление), характерные для хинонов. Семихиноновый анион-радикал - стабильный интермедиат, образующийся при частичном восстановлении хинона. Хлоранил (тетрахлор-п-бензохинон) - сильный окислитель, используется в синтезе для ароматизации шестичленных циклов. Убихинон (кофермент Q10) - переносчик электронов в дыхательной цепи митохондрий. Окисленная форма (хинон) и восстановленная форма (гидрохинон) обратимо превращаются друг в друга, обеспечивая транспорт электронов от НАД·Н к цитохромам.	ЛК, ЛР
		25.3	Моно- и диоксим п-бензохинона. Бромирование п-бензохинона. Получение хлоргидрохинона из п-бензохинона и хлористого водорода.	Монооксим и диоксим п-бензохинона - продукты взаимодействия с гидросиламином. Бромирование п-бензохинона по двойным связям. Получение хлоргидрохинона из п-бензохинона и хлороводорода (присоединение HCl к хинону с последующей ароматизацией). п-Бензохинон как активный диенофил в реакции Дильса-Альдера. Окисление п-бензохинона до малеиновой кислоты (озонолиз или пероксидное окисление). Хингидрон - тёмно-зелёный	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				межмолекулярный комплекс с переносом заряда (1:1 хинон : гидрохинон). π -Основания (гидрохинон) и π -кислоты (хинон).	
Раздел 26	Ароматические альдегиды и кетоны.	26.1	Номенклатура альдегидов и кетонов ароматического ряда. Методы их получения. Душистые вещества	Номенклатура ароматических альдегидов (бензальдегид, салициловый альдегид, анисовый альдегид) и кетонов (ацетофенон, бензофенон). Методы получения: окисление метилбензолов (боковое окисление CrO_3), гидролиз бензилгалогенидов, восстановление бензоилхлорида по Розенмунду, реакция Гаттермана-Коха ($\text{CO} + \text{HCl}$ в присутствии AlCl_3). Многие ароматические альдегиды (бензальдегид, ванилин) - душистые вещества, используются в парфюмерии и пищевой промышленности.	ЛК, ЛР
		26.2	Химические свойства ароматических альдегидов. Реакции присоединения по карбонильной группе	Химические свойства ароматических альдегидов: реакции нуклеофильного присоединения (с HCN , NaHSO_3 , спиртами с образованием полуацеталей), окисление до кислот, восстановление до спиртов. Реакция с аммиаком: образование гидробензамида ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{N}-\text{CH}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$). Отсутствие реакции с гидроксиламином в кислой среде (в отличие от алифатических альдегидов).	ЛК, ЛР
		26.3	Механизмы реакции Канниццаро, бензоиновой конденсации, Перкина. Ацилбензолы, реакции по карбонильной группе и по альфа-положению к ней.	Механизм реакции Канниццаро (диспропорционирование ароматических альдегидов без α -водорода в присутствии щёлочи до спирта и кислоты). Механизм бензоиновой конденсации (тиазолиевый катализ, образование активного альдегидного карбаниона). Механизм реакции Перкина (конденсация ароматического альдегида с ангидридом карбоновой кислоты в присутствии соли кислоты с образованием α,β -ненасыщенной кислоты). Ацилбензолы: реакции по карбонильной группе (восстановление, присоединение нуклеофилов) и по α -положению (галогенирование, альдольная конденсация).	ЛК, ЛР
Раздел 27	Ароматические нитросоединения.	27.1	Методы синтеза. Восстановление нитросоединений до различных производных ароматического ряда в кислой и щелочной среде.	Восстановление нитросоединений в кислой среде (железо, олово, цинк в HCl) приводит к первичным аминам (анилин). Восстановление в щелочной среде (например, цинк в щелочи) позволяет получать азоксибензол, азобензол и гидразобензол в зависимости от условий. Каталитическое гидрирование нитробензола на металлах (Pt , Ni) также даёт анилин.	ЛК, ЛР
		27.2	Нитрозобензолы. Фенилгидроксиламины.	Нитрозобензол ($\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}=\text{O}$) - продукт частичного	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			Азоксibenзол. Азобензол. Гидразобензол. Их свойства.	восстановления нитробензола или окисления анилина. Фенилгидроксиламин (C ₆ H ₅ -NHONH ₂) - гидроксиламин, легко перегруппировывается в п-аминофенол. Азоксibenзол (C ₆ H ₅ -N ⁺ (O ⁻)=N-C ₆ H ₅), азобензол (C ₆ H ₅ -N=N-C ₆ H ₅ , краситель), гидразобензол (C ₆ H ₅ -NH-NH-C ₆ H ₅). Взаимопревращения: гидразобензол окисляется до азобензола, азоксibenзол восстанавливается до гидразобензола.	
		27.3	Тринитротолуол, пикриновая кислота.	2,4,6-Тринитротолуол (ТНТ, тротил) - мощное бризантное взрывчатое вещество, получаемое нитрованием толуола. Пикриновая кислота (2,4,6-тринитрофенол) - взрывчатое вещество, а также жёлтый краситель; получается нитрованием фенола или гидролизом пикрилхлорида.	ЛК, ЛР
Раздел 28	Анилины.	28.1	Изомерия и номенклатура ароматических аминов. Промышленные методы получения анилина из нитробензола, хлорбензола, фенола; синтез метил- и диметиланилина.	Изомерия ароматических аминов: первичные (анилин, толуидины), вторичные (дифениламин, N-метиланилин), третичные (трифениламин, N,N-диметиланилин). Промышленное получение анилина: восстановление нитробензола (железо в кислой среде), аммонолиз хлорбензола (реакция с аммиаком под давлением, 200°C, катализатор Cu), взаимодействие фенола с аммиаком. Синтез метил- и диметиланилина метилированием анилина метанолом или диметилсульфатом.	ЛК, ЛР
		28.2	Причины понижения основности ароматических аминов по сравнению с алкаминами. Мезомерный эффект аминогруппы. Алкилирование и ацилирование ароматических аминов по атому азота. Получение из анилина и фосгена фенилизотиоцианата.	Понижение основности ароматических аминов по сравнению с алифатическими из-за делокализации неподелённой пары азота в бензольное кольцо (мезомерный эффект), что снижает доступность электронов для протона. Мезомерный эффект аминогруппы (+M). Алкилирование и ацилирование по атому азота: получение N-алкил- и N-ациланилинов.	ЛК, ЛР
		28.3	Основания Шиффа, их гидролиз и восстановление. Электрофильное замещение в анилине. Бромирование. Методы защиты аминогруппы. Нитрование ацетанилида. Орто- и пара-нитроанилины	Основания Шиффа (имины R-CH=N-Ar) - продукты конденсации ароматических альдегидов с анилином. Электрофильное замещение в анилине(качественная реакция). Защита аминогруппы ацилированием (получение ацетанилида) перед нитрованием. Нитрование ацетанилида и условия образования при гидролизе - пара- и орто-нитроанилинов.	ЛК, ЛР
Раздел 29	Соли арилдиазония.	29.1	Нитрозирование первичных, вторичных и	Нитрозирование первичных аминов (анилина) азотистой	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
	Реакции diazosоединений с выделением азота.		третичных ароматических аминов. п-Нитрозодиметиланилин, механизм реакции его образования. N-нитрозометиланилин и перегруппировка его в п-нитрозометиланилин. Перегруппировка фенолгидроксиламина в п-аминофенол.	кислотой, приводящее к получению diaзониевых солей. Нитрозирование вторичных аминов (N-метиланилинов). Нитрозирование третичных аминов (N,N-диметиланилинов) - электрофильное замещение в кольце с образованием п-нитрозодиметиланилина. Механизм этих превращений. Перегруппировка фенолгидроксиламина в п-аминофенол (реакция Бамбергера).	
		29.2	Строение diaзо- и азосоединений. Реакция diaзотирования, ее механизм: катион N-нитрозофениламмония, нитрозанилин, фенолдиазогидрат и хлористый фенолдиазоний.	Строение солей diaзония: линейная структура $Ar-N^+ \equiv N$ (катион, уходящая группа - N_2). Строение азосоединений $Ar-N=N-Ar'$ (транс-конфигурация). Механизм diaзотирования первичных ароматических аминов: образование нитрозоаммонийного катиона.	ЛК, ЛР
		29.3	Восстановление солей diaзония и азосоединений; получение производных гидразина. Замена diaзогруппы на гидроксильную и сульфгидридную группы, на иод. Нуклеофильный механизм этих реакций. Реакция Шимана. Замена diaзогруппы на хлор, бром и цианогруппу. Радикальный механизм реакции Зандмейера. Взаимодействие хлористого фенолдиазония с этанолом: механизм реакций образования фенола и бензола.	Восстановление солей diaзония (например, $SnCl_2/HCl$) до арилгидразинов $Ar-NH-NH_2$. Восстановление азосоединений до гидразосоединений и затем до аминов. Замена diaзогруппы на гидроксильную (кипячение с водой - фенолы), на -SH. Реакция Шимана: замена на фтор (нагревание фторобората diaзония). Замена на хлор, бром, CN по Зандмейеру ($CuCl$, $CuBr$, $CuCN$) - радикальный механизм. Взаимодействие с этанолом: образование фенола ($C_6H_5-O-C_2H_5$) при нуклеофильной атаке этанола или бензола при радикальном разложении.	ЛК, ЛР
		29.4	Сигматропные перегруппировки. Перегруппировка гидразобензола в бензидин. Семидиновая перегруппировка. Ароматические диамины. Диаминотолуол, его промышленное получение и применение в синтезе толуилендиизоцианата.	Сигматропные перегруппировки - термические перициклические реакции с миграцией σ -связи. Перегруппировка гидразобензола в бензидин (4,4'-диаминобифенил) в кислой среде - [5,5]-сигматропная перегруппировка. Семидиновая перегруппировка - образование орто-семидина и пара-семидина как побочных продуктов. Ароматические диамины: получение диаминотолуола (2,4- и 2,6-изомеры) восстановлением соответствующих динитротолуолов. Применение диаминотолуола в синтезе толуилендиизоцианата (ТДИ) для производства полиуретанов.	ЛК, ЛР
Раздел 30	Реакции азосочетания. Азокрасители.	30.1	Реакция diazosоединений без выделения азота. Азосочетание diazosоединений с ароматическими аминами и фенолами.	Реакции солей diaзония без выделения азота: азосочетание с ароматическими аминами и фенолами. Механизм электрофильного замещения. Получение п-	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			Механизм реакций азосочетания.	диметиламиноазобензола (метиловый жёлтый) из диазотированного анилина и диметиланилина. Получение п-оксиазобензола (жёлтый краситель) из диазотированного анилина и фенола. Взаимодействие с первичными и вторичными аминами: диазоаминосоединения Ar-N=N-NHR (триазены), которые при нагревании с кислотой перегруппировываются в азосоединения.	
		30.2	Основные и кислые азокрасители. Хризоидин. Гелиантин (метиловый-оранжевый) и нафтолоранж. Строение и окраска гелиантина и нафтолоранжа в щелочной и кислой среде. Индикаторы. Пара- нитроанилиновый красный. Бис-азокрасители	Основные азокрасители (содержат аминогруппу, окрашивают шерсть и шёлк из кислой ванны) и кислые азокрасители (содержат сульфогруппу, окрашивают из кислой ванны хлопок и шерсть). Хризоидин (оранжевый краситель). Гелиантин (метиловый оранжевый) - кислотно-основной индикатор, красный в кислой среде, жёлтый в щелочной. Нафтолоранж - индикатор на основе β-нафтола. п-Нитроанилиновый красный - азокраситель для хлопка. Получение бис-азокрасителей, содержащих две азогруппы.	ЛК, ЛР
		30.3	Получение конго. Строение и окраска конго в щелочной и кислой среде. Хромофорные и ауксохромные группы. Диазосоставляющая и азосоставляющая части молекул азокрасителей	Получение конго красного (диазотирование бензидина и азосочетание с двумя молекулами нафтионовой кислоты). Хромофорные группы (-N=N-, -NO ₂ , -C=O, хиноидная структура), отвечающие за поглощение видимого света. Ауксохромные группы (-OH, -NH ₂ , -N(CH ₃) ₂), усиливающие окраску и связывание с волокном. Диазосоставляющая (ароматический амин, диазотируется) и азосоставляющая (фенол или амин, с которым происходит сочетание).	ЛК, ЛР
Раздел 31	Ароматические карбоновые кислоты.	31.1	Номенклатура карбоновых кислот ароматического ряда. Синтез. Механизм реакции Кольбе. Влияние заместителей в ароматическом ядре на кислотность карбонильной группы.	Номенклатура ароматических карбоновых кислот: бензойная, фталевая, изофталевая, терефталевая и их синтез окислением алкилбензолов до бензойных кислот. Реакция Кольбе-Шмитта. Механизм Кольбе: электрофильная атака CO ₂ на карбанион фенолята. Влияние заместителей: электроноакцепторы увеличивают силу кислоты, электронодоноры уменьшают (коррелирует с константой Гамметта).	ЛК, ЛР
		31.2	Реакции по карбоксильной группе и ароматическому ядру. Двухосновные ароматические кислоты, фталевая и терефталевая. Лавсан. Пластификаторы.	Реакции по карбоксильной группе: этерификация (бензоаты), образование хлорангидридов (C ₆ H ₅ COCl), ангидридов, амидов. Реакции по ароматическому ядру: нитрование, галогенирование, сульфирование. Терефталевая кислота - сырьё для синтеза полиэтилентерефталата (лавсан).	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Пластификаторы - сложные эфиры фталевой кислоты (дибутилфталат, диоктилфталат), используемые для повышения эластичности полимеров.	
		31.3	Практически важные представители: Флуоресцеин, ПАСК, Салициловая кислота. Аминокислоты ароматического ряда.	Флуоресцеин - трифенилметановый краситель, продукт конденсации фталевого ангидрида с резорцином. ПАСК (пара-аминосалициловая кислота) - противотуберкулёзный препарат. Салициловая кислота - антисептик, сырьё для аспирина (ацетилсалициловой кислоты), ароматические аминокислоты (фенилаланин, тирозин, триптофан) - получение и биологическая роль.	ЛК, ЛР
Раздел 32	Сульфокислоты ароматического ряда.	32.1	Методы синтеза сульфокислот. Обратимость реакции сульфирования. Замена сульфогруппы на водород, гидроксильную и циано-группы.	Методы синтеза ароматических сульфокислот: сульфирование аренов концентрированной H ₂ SO ₄ или олеумом. Обратимость сульфирования, десульфирование. Замена сульфогруппы на гидроксильную (щелочное плавление - фенолы) и на цианогруппу (сплавление с KCN, затем гидролиз до карбоновой кислоты).	ЛК, ЛР
		32.2	Свойства ароматических сульфокислот. Сульфирование анилина – кинетический и термодинамический контроль. Сульфонамиды, сахарин.	Свойства ароматических сульфокислот. Использование сульфонов как поверхностно-активных веществ. Сульфирование анилина: при низкой температуре (кинетический контроль) - сульфирование по азоту с образованием сульфаниловой кислоты; при нагревании (термодинамический контроль) - сульфирование в кольцо. Сульфонамиды (R-SO ₂ NH ₂) - получение из сульфохлоридов и аммиака, некоторые обладают антибактериальной активностью (стрептоцид). Сахарин (имид о-сульфобензойной кислоты) - искусственный подсластитель.	ЛК, ЛР
Раздел 33	Арены с изолированными бензольными кольцами	33.1	Номенклатура. Методы синтеза бифенила, терфенилов, дифенилметана, трифенилметана, флуорена. Химические свойства этих веществ.	Номенклатура бифенил, терфенилов, дифенилметана, трифенилметана, флуорена (бифениленметан). Методы синтеза: реакция Ульмана (восстановительное сочетание иодаренов медью), алкилирование бензола бензилгалогенидами, восстановление кетонов по Клемменсену. Химические свойства: электрофильное замещение (бифенил активнее бензола), окисление до карбоновых кислот, образование радикалов.	ЛК, ЛР
		33.2	Направление электрофильного замещения в бифениле и флуорене. Стабильность	Направление электрофильного замещения в бифениле и флуорене. Трифенилметильный радикал (C ₆ H ₅) ₃ C• - стабильный	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			трифенилметильного радикала.	нейтральный радикал, существующий в равновесии с димером (гексафенилэтан) из-за делокализация неспаренного электрона по трём бензольным кольцам.	
		33.3	Красители трифенилметанового ряда. СН-кислотность метиленовой группы флуорена.	Красители трифенилметанового ряда: малахитовый зелёный, кристаллический фиолетовый, фуксин. Получение конденсацией бензальдегида с диметиланилином. СН-кислотность метиленовой группы флуорена, обусловленная делокализацией карбаниона в сопряжённой системе флуоренильного аниона (ароматический циклопентадиенидоподобный анион с 14 π -электронами).	ЛК, ЛР
Раздел 34	Полиядерные ароматические углеводороды с конденсированными бензольными ядрами.	34.1	Нафталин, антрацен, фенантрен, тетрацен. Строение, критерии ароматичности, синтез, реакции электрофильного замещения	Нафталин, антрацен и фенантрен, тетрацен. Строение: наличие пери-напряжения, разная длина связей. Критерии ароматичности. Реакции электрофильного замещения: в α -положение (кинетический контроль) и β -положение (термодинамический).	ЛК, ЛР
		34.2	Реакции Бухерера в ряду нафталинов. Окисление и восстановление этих систем. Хризен, пирен, бензпирен, трифенилен.	Реакция Бухерера (нафтолы с сульфитом аммония) - синтез аминафталинов. Окисление нафталина до фталевого ангидрида, антрацена - до антрахинона. Восстановление - до тетралина и декалина. Хризен, пирен, бензпирен (канцероген, образуется при горении табака и пиролизе органики), трифенилен (трицикл с 3 кольцами вокруг общего центра). Бензпирен - классический полициклический ароматический углеводород (ПАУ).	ЛК, ЛР
Раздел 35	Пятичленные гетероциклы.	35.1	Пи-избыточные и пи-дефицитные гетероциклы. Критерии ароматичности. Фуран, пиррол, тиофен, индол. Энергия резонанса.	π -Избыточные гетероциклы (пиррол, фуран, тиофен) и π -дефицитные (пиридин, пиазин) - их синтез и свойства. Критерии ароматичности: плоское строение, циклическое сопряжение, $(4n+2)$ π -электронов. Сравнение ароматичности на основе энергии резонанса.	ЛК, ЛР
		35.2	Методы синтеза и реакции электрофильного замещения. Механизм формилирования по Вильсмейеру-Хааку и Раймеру-Тиману. Механизм реакции Манниха. Индиго.	Методы синтеза: фуран из фурфурола, пиррол из сукцинимиды или реакцией Кнорра, индол по Фишеру, используя фенилгидразоны кетонов. Реакции электрофильного замещения: пиррол, фуран, тиофен активнее бензола, замещение преимущественно в α -положение. Механизм формилирования по Вильсмейеру-Хааку, Раймеру-Тиману. Механизм реакции Манниха (аминометилирование). Метод синтеза индиго.	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 36	Шестичленные гетероциклы.	36.1	Пиридин, хинолин, изохинолин. Получение и реакции электрофильного замещения. Механизм синтезов Скраупа, Бишлера-Напиральского, Пикте-Шпенглера.	Кислотно-основные свойства: пиридина, хинолина и изохинолина: синтез и свойства. Реакции электрофильного замещения. Окисление пиридина до N-оксида. Окисление хинолина до хинолиновой кислоты. Изучение механизмов синтезов Скраупа, Бишлера-Напиральского, Пикте-Шпенглера.	ЛК, ЛР
		36.2	Направление нуклеофильного замещения в пиридине и хинолине. Алкил- и аминопиридины. Их кислотно-основные свойства. Окисление пиридина и хинолина.	Нуклеофильное замещение в пиридине и хинолине, реакция Чичибабина с амидом натрия. Алкилпиридины (пиколины) и аминопиридины. Сравнение их Кислотно-основных свойств: пиридин - основание, хинолин . Окисление пиридина до N-оксида пероксикислотами (повышает реакционную способность кольца к электрофилам). Окисление хинолина до хинолиновой кислоты.	ЛК, ЛР
		36.3	Свойства N-оксидов. Реакция Чичибабина. Витамин В3. Алкалоиды, содержащие пиридиновое и хинолиновое ядра.	N-Оксиды пиридина и хинолина: получают окислением H ₂ O ₂ или пероксикислотами, проявляют повышенную реакционную способность в реакциях электрофильного замещения. Реакция Чичибабина (аминирование амидом натрия) - классический метод введения NH ₂ в 2-положение пиридина. Витамин В3 (ниацин, никотиновая кислота), получаемый окислением 3-метилпиридина. Алкалоиды, содержащие пиридиновое ядро: никотин, анабазин, тригонеллин; хинолиновое ядро: хинин, стрихнин.	ЛК, ЛР
Раздел 37	Современный металлокомплексный катализ для образования связи C-C.	37.1	Реакции Стиле, Сузуки, Соногаширы, Хека, их механизмы и использование в органическом синтезе.	Реакции Стиле Сузуки, Соногаширы. Механизмы: окислительное присоединение, трансалкилирование или карбопалладирование, восстановительное элиминирование с образованием связи C-C. Применение в тонком органическом синтезе, получении природных соединений, лекарственных препаратов, проводящих полимеров, жидких кристаллов.	ЛК, ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Нет
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Нет
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Нет

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Шабаров Ю. С. “Органическая химия”, СПб., Лань, 2011
2. Белобородов В.Л., Зурабян С.Э., Лузин А.П., Тюкавкина Н.А. Органическая химия. М: ГЭОТАР-Медиа, 2015.
3. Смит М. Органическая химия Марча //Реакции, механизмы, строение. Москва. Лаборатория знаний. – 2020. – С. 358-359.

Дополнительная литература:

1. Терней А. “Современная органическая химия”. Москва. Изд. «Мир», 1978, т. 1,2.
2. Моррисон Р., Бойд Р. “Органическая химия”. Москва. Изд. «Мир», 1974.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров
 - Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>
 - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
 - ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
 - ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
 - ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>
2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>
- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>
- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Научнометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Органическая химия».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор кафедры
органической химии

Должность, БУП

Подпись

Зубков Федор Иванович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой
органической химии

Должность БУП

Подпись

Воскресенский Леонид
Геннадьевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой общей и
неорганической химии

Должность, БУП

Подпись

Хрусталеv Виктор
Николаевич

Фамилия И.О.