

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УМР

А.А. Панфилов

« 01 » 04 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Органическая химия

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Профиль подготовки Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов
Уровень высшего образования бакалавриат
Форма обучения очная

Семестр	Трудоёмкость зач. ед, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
3 семестр	5 (180 ч)	36	-	36	108	Зачет с оценкой
4 семестр	5 (180 ч)	18	-	36	90	Экзамен (36 часов)
Итого	10(360 ч)	54		72	198	36

Владимир, 2015

I. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Органическая химия - одна из фундаментальных дисциплин для студентов направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», целью преподавания которой является развитие понимания сущности химических процессов, их природы, приобретение и отработка практических навыков проведения экспериментов по получению, выделению, очистке и идентификации органических веществ в лабораторных условиях.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРУ ОПОП ВО

Дисциплина «Органическая химия» изучается в базовой части блока дисциплин.

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

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

Изучение дисциплины «Органическая химия» дает основу для изучения таких последующих дисциплин как Физическая химия, Коллоидная химия, ФХМА, Химия окружающей среды, Анализ объектов окружающей среды, Промышленная экология.

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

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2);
- способность использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы (ОПК-3);

В результате освоения дисциплины «Органическая химия» студент должен:

Знать:

- принципы классификации и номенклатуры углеводов и монофункциональных производных (ОПК-2);
- теорию строения углеводов и монофункциональных производных (ОПК-3);
- основные реакции углеводов и монофункциональных производных (ОПК-2);
- закономерности протекания органических реакций (ОПК-3);
- свойства углеводов и монофункциональных производных (ОПК-3);
- основные методы синтеза углеводов и монофункциональных производных (ОПК-2).

Уметь:

- синтезировать углеводы и монофункциональные производные (ОПК-2);
- провести качественный и количественный анализ углеводов и монофункциональных производных с использованием химических и физико-химических методов анализа (ОПК-3).

Владеть:

- экспериментальными методами синтеза, очистки, определения физико-химических свойств углеводов и монофункциональных производных (ОПК-2)
- экспериментальными методами установления структуры углеводов и монофункциональных производных (ОПК-3).

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	<i>Введение. Основные понятия. Методы выделения и очистки органических веществ</i>	3	1-18	2		20	24	10/50	
2	<i>Физические методы исследования в органической химии</i>	3	1-18				12		
3	<i>Стереохимия органических соединений</i>	3	1-18				8		
4	<i>Углеводы.</i>	3							
4.1	Алканы		2-3	4		1	4	2/40	
4.2	Алкены		4-5	4			4	2/50	
4.3	Диены		6	2		1	6	1/33	РК 1
4.4	Алкины		7	2		1	4	1/33	
4.5	Циклоалканы		8	2		2	6		
4.6	Ароматические углеводороды		9-11	6		4	8	4/40	РК 2
5	<i>Галогенпроизводные</i>	3							
5.1	Алифатические галогенпроизводные		12-13	4			8	2/50	
5.2	Ароматические галогенпроизводные		14	2		1	6		
6	<i>Гидроксилсодержащие производные</i>	3							
6.1	Спирты		15-16	4		2	6	2/33	
6.2	Фенолы		17-18	4		4	8	4/50	РК 3
									Зачет с оцен.
	Итого по семестру	3		36		36	108	28/39	
7	<i>Простые эфиры</i>	4	1	1		4	6	4/80	
8	<i>Азотсодержащие производные</i>	4							
8.1	Нитросоединения		1	1			4		
8.2	Амины		3	2			4		
8.3	Азо- и диазосоединения		5	2		6	8	4/50	
9	<i>Гетероциклические соединения</i>	4	5-7						РК 1
9.1	Пятичленные гетероциклы						5		

9.2	Шестиленные гетероциклы					5		
10	Карбонильные соединения	4						
10.1	Предельные карбонильные соединения		7-9	4		4		
10.2	Непредельные карбонильные соединения		11	1		4		
10.3	Ароматические карбонильные соединения		11	1	5	10	4/67	РК 2
11	Карбоновые кислоты	4						
11.1	Предельные карбоновые кислоты		13	2	10	4	6/50	
11.2	Непредельные карбоновые кислоты		15	1		4		
11.3	Ароматические карбоновые кислоты		15	1	8	4	4/44	
11.4	Многоосновные карбоновые кислоты		17	2	3	10		
12	Гетерофункциональные соединения	4	16-18					РК 3
12.1	Гидроксикислоты					4		
12.2	Аминокислоты					6		
12.3	Углеводы					8		
								Экзамен
	Итого по семестру	4		18		36	90	22/41
	Всего			54		72	198	50/40
								36

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА " ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ "
(Разделы, помеченные «*», выносятся на самостоятельную работу)

1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Предмет органической химии. Причины выделения её в самостоятельную науку. Основные этапы развития органической химии как науки. Знание органической химии для формирования материалистических представлений в естествознании. Роль органической химии в развитии народного хозяйства России*.

Теория химического строения А. М. Бутлерова. Классификация органических соединений: ряды, классы, функциональные группы. Понятие о гомологических рядах. Эмпирические, молекулярные, структурные формулы соединений. Структурная изомерия.

Типы химических связей в органических соединениях. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Понятие об индуктивном эффекте, эффекте сопряжения и гиперконъюгации.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ*

Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.

Электронная спектроскопия. Природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группировках, способ изображения УФ спектров. Спектры протонного магнитного резонанса. Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие.

Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

3. СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ*

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

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

4. УГЛЕВОДОРОДЫ

4.1. Алканы

Гомологический ряд алканов. Общая формула. Изомерия. Первичный, вторичный и третичный атомы углерода. Номенклатура: рациональная* и систематическая. Алкильные радикалы, их названия.

Природные источники алканов: нефть, природный газ*.

Промышленные методы получения: синтез из оксида углерода и водорода, крекинг нефти, гидрирование ненасыщенных соединений.

Лабораторные способы получения: из галогеналканов (реакция Вюрца), из карбоновых кислот.

Строение алканов: sp^3 -состояние атома углерода. Тетраэдрическая модель молекулы метана. Валентные углы. Характеристика связей C - C и C - H (длина, энергия, полярность и поляризуемость). Закономерности их изменения внутри класса.

Химические свойства: общая характеристика химических свойств.

Реакции замещения. Галогенирование. Свободнорадикальный цепной механизм реакций галогенирования. Ориентация при галогенировании. Связь между строением углеводородов и их реакционной способностью. Устойчивость радикалов. Нитрование алканов. Реакции с разрывом связей C - C. Крекинг и пиролиз. Окисление алканов.

Применение: использование алканов в органическом синтезе*. Насыщенные углеводороды как топливо*.

4.2. Алкены

Гомологический ряд. Общая формула. Структурная изомерия. Номенклатура рациональная* и систематическая.

Способы получения: из алканов, из спиртов, из галогеналканов, из алкинов.

Строение: sp^2 -состояние атома углерода. Квантово-химическая трактовка образования двойной связи. π -связь. Характеристика двойной связи (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Геометрическая (цис-, транс-) изомерия алкенов. Физические свойства*.

Химические свойства: каталитическое гидрирование. Реакции электрофильного присоединения галогенов, галогеноводородов, серной кислоты, воды. Механизм этих реакций.

Направление реакций присоединения кислот к несимметричным алкенам. Правило Марковникова, его современное объяснение. Строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов.

Реакции радикального присоединения галогенов и бромоводорода. Перекисный эффект Караша, его объяснение.

Реакции аллильного хлорирования и бромирования. Строение и относительная устойчивость радикалов аллильного типа. Окисление алкенов с образованием эпоксисоединений, с разрывом углеродных цепей. Озонолиз.

Понятие о полимеризации алкенов. Мономеры, олигомеры*, полимеры. Значение полимерных материалов для народного хозяйства*. Применение алкенов в органическом синтезе*.

4.3. Алкадиены

Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура.

Три типа алкадиенов: с изолированными, кумулированными и сопряжёнными двойными связями.

Углеводороды с сопряжёнными двойными связями: способы получения дивинила из спирта, из 1,4-бутандиола, из нефтяных газов. Получение изопрена.

Строение алкадиенов с сопряжёнными двойными связями: энергия сопряжения, её величина. Характеристика связей (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Физические свойства.

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и радикального присоединения сопряжённых алкадиенов (1,2- и 1,4- присоединение). Мезомерный карбокатион, его строение и относительная устойчивость. Кинетический и термодинамический контроль реакций электрофильного присоединения. Реакционная способность сопряжённых алкадиенов.

Окисление и озонолиз. Каталитическое гидрирование и восстановление химическими восстановителями. Реакции полимеризации и сополимеризации. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.

4.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды)

Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура рациональная* и систематическая..

Способы получения. Промышленные способы получения ацетилена: из карбида кальция, из метана. Лабораторные способы получения: из дигалогеналканов, из ацетиленидов.

Строение. *sp*- состояние атома углерода. Квантово-химическая трактовка тройной связи, её геометрия и характеристика (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства алкинов с концевой тройной связью. Ацетилениды, строение, применение. Гидрирование алкинов: частичное и полное. Реакции присоединения. Электрофильное присоединение галогенов и галогеноводородов, направление реакций и стереохимия. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях присоединения*. Нуклеофильное присоединение спиртов. Гидратация алкинов по М. Г. Кучерову. Присоединение кислот и циановодорода (реакции винилирования).

Полимеризация ацетилена (винилацетилен, дивинилацетилен, хлоропрен). Промышленные синтезы на основе ацетилена*.

4.5. Алициклические углеводороды

Классификация и изомерия алициклических соединений. Номенклатура. Алициклические соединения в природе. Нефть как источник циклоалканов.

Способы получения. Циклизация дигалогеноалканов, дикарбоновых кислот и их солей, синтезы с помощью малонового эфира, внутримолекулярная сложноэфирная конденсация, гидрирование ароматических соединений, дегидроциклизация алканов. Получение алициклических соединений циклизацией непредельных соединений.

Диеновый синтез. Диены и диенофилы, их реакционная способность.

Строение циклоалканов. Характер углерод-углеродных связей в молекуле циклопропана (банановые связи). Строение циклобутана и циклопентана, типы напряжений, конформации.

Конформации циклогексана, экваториальные и аксиальные связи, конформации замещённых циклогексанов. Цис-транс- и оптическая изомерия алициклических соединений.

Физические свойства.

Химические свойства. Гидрирование и окисление. Действие галогенов, галогеноводородов и минеральных кислот. Связь между строением циклоалканов и их реакционной способностью. Влияние размера колец и их конформаций на реакционную способность функциональных групп. Взаимные превращения циклов.

4.6. Ароматические углеводороды

Причины выделения ароматических соединений в особый ряд. Понятие ароматичности. Развитие представлений о строении бензола*. Формула Кекуле. Современные электронные и квантово-химические представления о строении бензола. Длина связей и энергия сопряжения бензола, методы её определения. Магнитная характеристика. Объяснение особых свойств бензола.

Критерии ароматичности органических соединений. Правило Хюккеля.

Электрофильное замещение в ароматическом ядре. π - и σ -Комплексы. Строение σ -комплексов. Энергетическая диаграмма. Примеры реакций электрофильного замещения: нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование, сульфирование бензола.

Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения. Классификация заместителей: о-п-ориентанты активирующие и дезактивирующие, м-ориентанты дезактивирующие. Индуктивные эффекты заместителей и эффекты сопряжения. Связь между направлением замещения и термодинамической устойчивостью σ -комплексов. Соотношение изомеров при электрофильном замещении, влияние пространственных факторов. Ориентация у дизамещённых бензолов (согласованная и несогласованная). Планирование синтезов замещённых бензолов.

Гомологический ряд бензола

Общая формула. Изомерия. Номенклатура.

Источники ароматических соединений: каменноугольная смола, коксовый газ, нефть и её ароматизация.

Синтетические методы получения бензола и его гомологов. Реакции Вюрца-Фиттига и Фриделя-Крафтса. Их механизмы.

Физические свойства*.

Химические свойства. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование по Фриделю-Крафтсу. Особенности реакции галогенирования и нитрования боковых цепей. Окисление гомологов бензола. Реакции присоединения водорода, хлора по ароматическому кольцу. Озонолиз.

Полиядерные ароматические соединения*

Бифенил. Получение. Свойства. Бензидин, бензидиновая перегруппировка.

Трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол. Получение, свойства. Понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах.

Нафталин. Получение в технике. Строение. Ароматичность. Энергия сопряжения. Изомерия. Номенклатура замещённых нафталина.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции присоединения: водорода, хлора, брома. Отношение к действию окислителей. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование. Механизмы реакций, причины активности α -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения β -производных нафталина. α - и β -Нафтолы, способы получения, свойства.

Антрацен и фенантрен. Строение, ароматичность, свойства. Высшие полициклические углеводороды. Понятие о канцерогенных соединениях.

5. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

5.1. Алифатические галогенопроизводные

Общая формула. Изомерия. Первичные, вторичные и третичные галогеналканы. Номенклатура.

Способы получения: из алканов (галогенирование), из алкенов (гидрогалогенирование), из спиртов.

Строение. Характеристика связей углерод - галоген (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Физические свойства* и спектральные характеристики.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогеналканов (образование спиртов, простых эфиров, нитрилов, аминов и других классов соединений). Механизмы нуклеофильного замещения (S_N1 и S_N2). Факторы, влияющие на ход нуклеофильного замещения (строение галогеналкана, характер уходящей группы, сила нуклеофильного реагента, природа растворителя). Стереохимия реакций нуклеофильного замещения; реакции оптически активных соединений, протекающие с сохранением конфигурации, с обращением конфигурации, рацемизацией.

Реакции отщепления. β -Элиминирование, условия и направление реакций. Взаимоотношение понятий "нуклеофильность" и "основность". Правило Зайцева, его объяснение. Механизмы отщепления ($E2$, $E1$ и $E1cB$). Конкуренция реакций элиминирования и нуклеофильного замещения. Факторы, влияющие на скорость отщепления и соотношение продуктов отщепления и замещения (структура галогеналкана, основность реагента, температура, природа растворителя). Стереохимия реакций отщепления. Восстановление галогеналканов. Реакции с металлами (натрием, литием, магнием).

Полигалогеналканы*

Классификация. Геминальные и вицинальные дигалогеналканы, галоформы. Тетрахлорид углерода.

Способы получения: из алканов, алкенов, карбонильных соединений.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Полигалогеналканы как растворители.

Галогенопроизводные непредельных углеводородов

Изомерия. Номенклатура. Три типа галогенопроизводных с двойной связью.

Винилгалогениды. Способы получения: из вицинальных дигалогеналканов, из алканов. Строение винилхлорида. Причина инертности винилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения. Реакции отщепления. Электрофильное присоединение галогенов и галогеноводородов. Промышленные способы получения и применение винилхлорида. Поливинилхлорид.

Аллилгалогениды. Способы получения: из алкенов (аллильное хлорирование и бромирование), из сопряжённых алкадиенов (электрофильное присоединение галогеноводородов). Строение аллилхлорида. Причины повышенной реакционной способности аллилгалогенидов в реакциях S_N1 и S_N2 . Мезомерный аллильный карбокатион. Аллильная перегруппировка. Электрофильное присоединение к аллилгалогенидам.

Фторзамещённые непредельных углеводородов*. Особенности связей $C - F^*$. Способы получения монофторалканов, фторалкенов и перфторуглеродов*. Фреоны*. Фторопласт (тефлон).

5.2. Ароматические галогенопроизводные

Гомологический ряд. Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из бензола и его гомологов (галогенирование в ядро и боковую цепь, условия и механизмы реакций).

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогена. Причины инертности галогена неактивированных арилгалогенидов. Условия и механизмы реакций неактивированных арилгалогенидов (отщепление присоединение). Влияние электроноакцепторных заместителей на реакционную способность арилгалогенидов при нуклеофильном замещении, механизм S_N2Ag . Причина повышенной реакционной способности бензилгалогенидов в реакциях S_N1 и S_N2 .

Образование металлорганических соединений, их применение в органическом синтезе.

Хлорбензол, бензилхлорид, бензиленхлорид*, бензотрихлорид*, их получение, свойства, применение.

6. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

6.1. Спирты

Одноатомные спирты

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

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

Промышленные способы получения метилового, этилового, изопропилового спиртов.

Строение. Характеристика связей С - О и О - Н (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Водородные связи в спиртах, их энергия.

Физические свойства. Влияние водородных связей на физические свойства и спектральные характеристики спиртов.

Химические свойства. Кислотность. Константа кислотности. Образование алкоголятов, их строение. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоголят-анионов, их реакции с первичными, вторичными и третичными галогеналканами. Реакции нуклеофильного замещения: с галогеноводородными кислотами, галогенидами фосфора, тионилхлоридом. Особенности S_N1 и S_N2 реакций спиртов. Стереохимия реакций нуклеофильного замещения. Внутримолекулярное нуклеофильное замещение (S_N1). Реакции спиртов с минеральными кислотами, образование эфиров минеральных кислот. Реакции отщепления: внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация. Механизмы реакций внутримолекулярного отщепления воды. Перегруппировки с участием карбокатионов. Связь между строением и реакционной способностью спиртов в реакциях нуклеофильного замещения и отщепления. Ацилирование спиртов (образование сложных эфиров карбоновых кислот). Ацилирующие реагенты. Окисление и дегидрирование.

Метиловый, этиловый, пропиловый и бутиловый спирты, их применение в органическом синтезе.

Ненасыщенные спирты. Виниловые спирты, причина их неустойчивости (правило Эльтекова). Алилиловые спирты. Получение. Причина повышенной реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения (механизм S_N1).

Многоатомные спирты

Классификация, изомерия, номенклатура.

Двухатомные спирты (гликоли). Способы получения: из дигалогеналканов, эпоксисоединений, карбонильных соединений, эфиров дикарбоновых кислот. Пинаколиновая перегруппировка.

Трёхатомные спирты. Глицерин, получение из жиров и синтез из пропилена. Особенности физических и химических свойств двухатомных и трёхатомных спиртов. Применение этиленгликоля и глицерина в промышленности.

6.2. Фенолы.

Одноатомные фенолы. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения: из арилгалогенидов, из сульфокислот, из ароматических аминов. Получение фенола из изопропилбензола (кумольный метод).

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотность фенола, её причина. Влияние заместителей в бензольном кольце на кислотность. Образование простых эфиров фенолов, их свойства и применение (анизол, фенол и др.). Сложные эфиры фенолов, их получение и свойства.

Особенности реакций электрофильного замещения фенолов (галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование). Реакции электрофильного замещения в фенолят-анионе: азосочетание, реакция Кольбе Шмидта, взаимодействие с формальдегидом. Фенолоформальдегидные смолы.

Двухатомные фенолы: пирокатехин, резорцин, гидрохинон. Получение, свойства, применение.

Трёхатомные фенолы: пирогаллол, оксигидрохинон, флороглюцин. Особые свойства фло-

роглуцина*.

Хиноны. Классификация, номенклатура. *p*-Бензохинон. Получение. Строение. Химические свойства. Реакция восстановления, её механизм.

7. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

Простые эфиры. Изомерия и номенклатура. Способы получения: из спиртов, из галогеналканов (реакция Вильямсона). Химические свойства: основность, образование оксониевых соединений, реакции расщепления простых эфиров, их механизм (S_N1 и S_N2), автоокисление (образование пероксидов, их взрывоопасность). Диэтиловый эфир, его практическое применение. Диоксан. Тетрагидрофуран.

Эпоксисоединения. Изомерия и номенклатура. Способы получения: из алкенов, из галогенгидринов. Химические свойства: оксид этилена, способы получения и применение в органическом промышленном синтезе.

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

8. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

8.1. Нитросоединения

Гомологический ряд мононитроалканов

Общая формула. Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из алканов (нитрование), из галогеналканов (нуклеофильное замещение). Понятие об амбидентных нуклеофильных реагентах. Принцип ЖМКО*. Получение нитросоединений окислением аминов*.

Строение нитрогруппы. Валентные углы и характеристика связей N-O. Индуктивный эффект нитрогруппы, влияние на углеродный радикал.

Физические свойства*.

Химические свойства. Таутомерия первичных и вторичных нитросоединений. Механизм таутомерных превращений. Причина подвижности атома водорода при α -углеродном атоме. C-H-кислотность первичных и вторичных нитроалканов. Реакции со щелочами. Строение солей, мезомерный анион. Отличие свойств нитроалканов от эфиров азотистой кислоты (восстановление и гидролиз)*.

Нитрометан, получение, применение в технике*.

Полинитросоединения*.

Ароматические нитросоединения

Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из бензола и его гомологов; из галогенопроизводных.

Физические свойства.

Химические свойства. Отличие свойств ароматических и жирноароматических соединений. Влияние нитрогруппы на реакционную способность других групп в бензольном кольце.

Восстановление ароматических нитросоединений в кислой, нейтральной и щелочной средах. Практическое значение этих реакций.

Полинитросоединения ароматического ряда*.

8.2. Амины

Алифатические амины

Классификация: первичные, вторичные, третичные. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения: алкилирование аммиака галогеналканами и спиртами, фталимидный метод Габриэля, восстановительное аминирование карбонильных соединений, восстановление азотсодержащих соединений (нитроалканов, оксимов, нитрилов, амидов). Из амидов кислот по Гофману.

Строение аминов. sp^3 - Состояние атома азота. Характеристика связей C-N и N-H. Водород-

ные связи аминов, их прочность.

Физические свойства. Влияние водородных связей.

Химические свойства. Основность. Константа основности. Связь между строением аминов и их основностью. Реакции аминов с кислотами, строение солей, их номенклатура и свойства. Алкилирование аминов галогеналканами. Ацилирование галогенангидридами и ангидридами кислот. Механизмы реакций алкилирования и ацилирования. Реакции с азотистой кислотой, условия проведения, механизм.

Понятие о диаминах, получение, свойства*. Гексаметилендиамин. Синтетическое волокно "нейлон".

Ароматические амины

Классификация. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения ароматических аминов: из нитросоединений (реакция Н. Н. Зинина), из арилгалогенидов (нуклеофильное замещение). Получение вторичных и третичных аминов.

Физические свойства.

Химические свойства. Влияние бензольного кольца и имеющихся в нём заместителей на основность аминов. Особенности алкилирования и ацилирования аминогруппы, взаимодействие с альдегидами. Реакции первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Особенности электрофильного замещения у ароматических аминов (нитрование, галогенирование, сульфирование), условия проведения. Практическое значение.

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

8.3. Диазо- и азосоединения

Реакция диазотирования, условия её проведения, механизм. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость реакции.

Строение диазосоединений. Формы диазосоединений в зависимости от рН среды, таутомерные превращения.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции, протекающие с выделением азота: нуклеофильное замещение диазониевой группы на гидроксил, алкоксигруппу, фтор, радикальное замещение на водород, хлор, бром, циан, йод. Механизмы этих реакций.

Реакции без выделения азота: восстановление до арилгидразинов. Реакции азосочетания. Механизм. Условия реакций азосочетания с аминами и фенолами. Влияние заместителей на реакционную способность диазосоединений. Значение азосоединений. Понятие об азокрасителях. Восстановительное расщепление азосоединений.

9. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ*

9.1. Пятичленные гетероциклы

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

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

9.2. Шестичленные гетероциклы

Пиридин: ароматичность, основность. Производные пиридина в природе: витамины, никотин, NADP. Химические свойства пиридина: основность, алкилирование, реакции электрофильного замещения, *N*-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Особенности химических свойств метилпиридинов и винилпиридинов. Нуклеофильное замещение в 2-, 3-,

и 4-хлорпиридинах. Нуклеофильное замещение гидрид-иона на аминогруппу под действием амида натрия (реакция Чичибабина).

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

10. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

10.1 Предельные альдегиды и кетоны

Общая формула. Изомерия. Номенклатура (тривиальная, рациональная, систематическая).

Способы получения: из спиртов, из карбоновых кислот и их производных. Синтез альдегидов и кетонов по реакции Гриньяра. Оксосинтез.

Строение карбонильной группы. Сходство и различие связей $C=O$ и $C=C$.

Физические свойства*.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе.

Присоединение воды и спиртов. Понятие об общем и специфическом кислотном катализе.

Присоединение галогеноводородов, гидросульфита натрия, PCl_5 , реактивов Гриньяра.

Реакции присоединения - отщепления аммиака, гидросиламина, гидразина и его производных.

Механизм этих реакций. Реакции, катализируемые основаниями (присоединение синильной кислоты).

Альдольная и кротоновая конденсации, механизм при основном катализе.

Причина повышенной активности атомов водорода при α -углеродном атоме. Енолизация (механизмы при кислотном и основном катализе).

Реакции галогенирования. Галоформные реакции метилкетонов, их практическое значение.

Восстановление до спиртов и углеводов. Окисление.

Муравьиный альдегид, получение в технике*. Особые свойства. Реакция Канниццаро.

Уксусный альдегид, ацетон: методы получения, применение*.

10.2. Ненасыщенные альдегиды и кетоны

Изомерия. Классификация.

[Кетены. Номенклатура. Способы получения кетена: из ацетона, из уксусной кислоты.

Строение кетена. Химические свойства: реакции с водой, спиртами, аминами, карбоновыми кислотами. Дикетен.]*

α , β - Ненасыщенные альдегиды и кетоны. Сопряжение связей $C=C$ и $C=O$. Акролеин. Кротоновый альдегид (цис-транс-изомерия).

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и нуклеофильного присоединения.

10.3. Ароматические альдегиды и кетоны

Изомерия. Классификация кетонов: ароматические и жирноароматические. Номенклатура.

Способы получения: из углеводов и спиртов (окисление, дегидрирование), из дигалогенопроизводных (гидролиз). Реакции Гаттермана Коха, Гаттермана, Фриделя - Крафтса.

Область применения этих реакций.

Физические свойства*.

Химические свойства. Реакции окисления и восстановления. Присоединение нуклеофильных реагентов.

Влияние ароматического кольца, заместителей в кольце и пространственных факторов на реакционную способность альдегидов и кетонов.

Конденсация с алифатическими альдегидами, кетонами, нитросоединениями, их механизм в условиях основного катализа.

Особые свойства ароматических альдегидов: реакции Канниццаро, Перкина, их механизмы.

Геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов*. Перегруппировка Бекмана.

11. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

11.1. Одноосновные карбоновые кислоты и их производные

Гомологический ряд насыщенных карбоновых кислот. Общая формула. Изомерия. Номенклатура (тривиальная, рациональная, систематическая). Ацилы, их номенклатура.

Способы получения: из алканов, алкенов, алкинов, спиртов, альдегидов и кетонов (окисление); галогеналканов (через нитрилы и по реакции Гриньяра), сложных эфиров и амидов (гидролиз).

Строение карбоксильной группы. ρ , π -Сопряжение. Характеристика связей C=O и O-H. Межмолекулярные водородные связи карбоновых кислот, их прочность.

Физические свойства. Влияние водородных связей на физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства. Константа кислотности, влияние на неё структурных и электронных факторов. Реакции кислот со щелочами, карбонатами, гидрокарбонатами, металлами, реактивами Гриньяра. Строение карбоксилат-аниона.

Реакции кислот по карбонильной группе: взаимодействие с PCl_5 , $SOCl_2$, спиртами. Реакция этерификации, её механизм. Кислотный катализ. Реакции декарбоксилирования и восстановления.

Муравьиная и уксусная кислоты, получение и применение*. Особенности строения и свойств муравьиной кислоты.

Функциональные производные карбоновых кислот. Галогенангидриды, сложные эфиры, ангидриды, амиды, нитрилы. Способы получения и важнейшие свойства. Реакционная способность функциональных производных карбоновых кислот. Гидролиз, его механизм при кислотном и основном катализах.

11.2 α , β - Ненасыщенные кислоты.

Сопряжение карбоксильной группы с двойной связью. Кислотность. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения. Акриловая и метакриловая кислоты и их эфиры, технические способы их получения и применение. Акрилонитрил.

Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая. Получение и свойства*.

11.3. Ароматические карбоновые кислоты и их производные

Монокарбоновые кислоты, изомерия, номенклатура.

Способы получения: из углеводородов, спиртов, альдегидов, кетонов (окисление), из тригалогенпроизводных и нитрилов (гидролиз), реакцией Гриньяра.

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства. Влияние бензольного кольца, заместителей в кольце и пространственных факторов на кислотность. Образование солей, их строение и свойства.

Функциональные производные ароматических кислот: хлорангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы, их способы получения и свойства*.

Дикарбоновые кислоты: фталевая, изофталевая, терефталевая. Получение, свойства, применение.

[Сульфокислоты

Изомерия; номенклатура.

Способы получения: реакция сульфирования, сульфорирующие реагенты. Условия и механизм. Реакция сульфохлорирования.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами (десульфирование, щелочное плавление, замещение на цианогруппу). Механизмы этих реакций.]

11.4. Многоосновные и замещённые кислоты

Двухосновные карбоновые кислоты. Номенклатура. Особенности физических и химических свойств. Кислотность. Щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая и адипиновая кислоты; технические способы их получения и свойства (декарбоксилирование).

Малоновый эфир, его получение и свойства. Натриймалоновый эфир, получение, строение, алкилирование. Синтезы карбоновых кислот на основе малонового эфира.

Двухосновные ненасыщенные кислоты: малеиновая и фумаровая, их физические и химические свойства. Кислотность. Малеиновый ангидрид, получение, применение.

[Галогенозамещенные кислоты.

Классификация и номенклатура.

Способы получения: из насыщенных карбоновых кислот и их производных (галогенирование), из ненасыщенных кислот (гидрогалогенирование).

Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы.]*

12. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ*

12.1. Гидроксикислоты

α , β , γ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогенозамещенных кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидроксинитрилы (α -гидроксикислоты). Получение β -гидроксикислот по реакции Реформатского.

Физические и химические свойства. Особенности свойств α -, β -, и γ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты. Стереизомерия молочных и винных кислот.

12.2. Аминокислоты, пептиды и белки

α , β , γ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез*.

Химические свойства -COOH и -NH₂ групп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (ср. с оксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу

Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот, [синтез Штрекера, алкилирование анионов СН-кислот, энантиоселективный синтез.]*

Белки. Четыре уровня организации нативных белков*.

12.3. Углеводы

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

Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта; D-фруктоза как представитель кетоз. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроцеллюлоза. Вискозное волокно, производство бумаги*.

Тематика лабораторных работ

№ п/п	Раздел курса	Название лабораторной работы
1.	Методы выделения и очистки органических веществ	Простая перегонка при атмосферном давлении Перегонка смеси при атмосферном давлении Перегонка с водяным паром Перекристаллизация Возгонка Экстракция жидкостей Экстракция твердых веществ Определение основных физико-химических показателей органических веществ (температура плавления, показатель преломления)
2.	Углеводороды.	Получение и химические свойства ациклических углеводородов Сульфирование толуола
3.	Галогенпроизводные	Синтез бромистого бутила

4.	Гидроксилсодержащие производные	Синтез дибутилового эфира
5.	Азотсодержащие производные	Синтез п-нитроанилинового красного Синтез β-нафтолоранжа
6.	Карбонильные соединения	Синтез масляного альдегида Синтез бензилового спирта
7.	Карбоновые кислоты	Синтез масляной кислоты Синтез бензойной кислоты

V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении лабораторного практикума студентам предлагается **работа в малых группах**:

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

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

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

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

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

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

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются тест-тренажеры, а также традиционные письменные и устные контрольные мероприятия (коллоквиумы, контрольные работы).

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

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

Текущий контроль осуществляется три раза за семестр (рейтинг-контроль 1, 2, 3) по результатам проведения следующих контрольных мероприятий:

№	Контролируемый раздел дисциплины	Наименование оценочного средства	Период проведения
Семестр 3			
4.1	Алканы	Тест 1	РК 1
4.2-4.3	Алкены и Диены	Тест 2	
4.4	Алкины	Тест 3	РК 2
4.1-4.4	Алифатические углеводороды	Контрольная работа 1	
4.6	Ароматические углеводороды	Коллоквиум 1	
5	Галогенпроизводные	Тест 4	РК 3
6	Гидроксилсодержащие производные	Контрольная работа 2 Коллоквиум 2	
Семестр 4			
8	Азотсодержащие производные	Контрольная работа 3	РК 1
10	Карбонильные соединения	Тест 5 Коллоквиум 3	РК 2
11	Карбоновые кислоты	Тест 6 Контрольная работа 4	РК 3
12	Гетерофункциональные производные	Тест 7 Контрольная работа 5	

Варианты заданий контрольных работ, тестов и тематика коллоквиумов представлены в УМК.

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

1. Подготовка к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы.
2. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы (учебного пособия для выполнения лабораторных работ).
3. Подготовка к текущему контролю (решение задач). Варианты заданий представлены в рекомендованных сборниках задач.
4. Изучение некоторых разделов курса (помечены * в тематическом плане), которые в лекционном курсе не рассмотрены или рассмотрены недостаточно полно. При этом используется рекомендованная литература.
5. Подготовка к промежуточному контролю с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточного контроля.

Более полно методические указания для СРС представлены в составе УМК.

Вопросы для самостоятельной работы студентов 3 семестр

1. **ВВЕДЕНИЕ**
Роль органической химии в развитии народного хозяйства России.
2. **ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**
 1. Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.

2. Электронная спектроскопия. Природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группировках, способ изображения УФ спектров. Спектры протонного магнитного резонанса. Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие.
3. Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

3. СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

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

4. УГЛЕВОДОРОДЫ

4.1. Алканы

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

4.2. Алкены

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

4.3. Алкадиены

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

4.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды)

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

4.5. Алициклические углеводороды

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

4.6. Ароматические углеводороды

1. Развитие представлений о строении бензола. Физические свойства.

Полиядерные ароматические соединения:

2. Бифенил. Получение. Свойства. Бензидин, бензидиновая перегруппировка. Трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол. Получение, свойства. Понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах.
3. Нафталин. Получение в технике. Строение. Ароматичность. Энергия сопряжения. Изомерия. Номенклатура замещённых нафталина.
4. Физические свойства.

- Химические свойства. Реакции присоединения: водорода, хлора, брома. Отношение к действию окислителей. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование. Механизмы реакций, причины активности α -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения β -производных нафталина. α - и β -Нафтолы, способы получения, свойства.
- Антрацен и фенантрен. Строение, ароматичность, свойства. Высшие полициклические углеводороды. Понятие о канцерогенных соединениях.

5. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

5.1. Галогеналканы

- Физические свойства и спектральные характеристики.
Полигалогеналканы:
- Классификация. Геминальные и вицинальные дигалогеналканы, галоформы. Тетрахлорид углерода. Способы получения: из алканов, алкенов, карбонильных соединений. Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Полигалогеналканы как растворители.
Галогенопроизводные непредельных углеводородов:
- Фторзамещённые непредельных углеводородов. Особенности связей C – F. Способы получения монофторалканов, фторалкенов и перфторуглеродов. Фреоны. Фторопласт (тефлон).

5.2. Галогенопроизводные ароматических углеводородов:

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

6. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

6.1. Спирты

Одноатомные спирты:

- Номенклатура тривиальная, рациональная.
- Промышленные способы получения метилового, этилового, изопропилового спиртов.
- Метилвый, этиловый, пропиловый и бутиловый спирты, их применение в органическом синтезе.

6.2. Фенолы. Хиноны

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

4 семестр

7. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ. ЭПОКСИСОЕДИНЕНИЯ

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

8. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

8.1. Нитросоединения

- Принцип ЖМКО. Получение нитросоединений окислением аминов.
- Физические свойства.
- Отличие свойств нитроалканов от эфиров азотистой кислоты (восстановление и гидрилиз).
- Нитрометан, получение, применение в технике.
- Полинитросоединения.
- Полинитросоединения ароматического ряда.

8.2. Амины

1. Понятие о диаминах, получение, свойства.

8.3. Ароматические амины

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

9. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

9.1. Пятичленные гетероциклы

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

9.2. Шестичленные гетероциклы

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

10. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

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

11. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

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

12. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

12.1. Гидроксикислоты

1. α , β , γ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогенозамещенных кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидроксинитрилы (α -гидроксикислоты).

- Получение β -гидроксикислот по реакции Реформатского.
2. Физические и химические свойства. Особенности свойств α -, β -, и γ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты. Стереизомерия молочных и винных кислот.

12.2. Аминокислоты, пептиды и белки

1. α -, β -, γ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез*.
2. Химические свойства -COOH и -NH₂ групп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (ср. с оксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу
3. Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот, [синтез Штрекера, алкилирование анионов СН-кислот, энантиоселективный синтез.]*
4. Белки. Четыре уровня организации нативных белков*.

12.3. Углеводы

1. Классификация углеводов: по количеству атомов С; по наличию С=О или СНО групп; по количеству циклических фрагментов. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз: глюкопиранозы и глюкофуранозы, α - и β -аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Стереохимия.
2. Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация.
3. Химические свойства глюкозы как альдегидоспирта:
4. D-фруктоза как представитель кетоз.
5. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара.
6. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроцеллюлоза. Вискозное волокно, производство бумаги*.

Вопросы для проведения зачета (3 семестр)

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

13. Реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования и ацилирования бензола. Способы генерирования электрофильной частицы в реакционной среде.
14. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; активирующие и дезактивирующие о-, п- ориентанты.
15. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; дезактивирующие м- ориентанты.
16. Дизамещенные бензолы: согласованная и несогласованная ориентация.
17. Механизм замещения галогена в первичных галогеналканах. Влияние различных факторов на скорость реакции.
18. Механизм замещения галогена в третичных галогеналканах. Влияние различных факторов на скорость реакции.
19. Получение из галогеналканов: спиртов, простых и сложных эфиров, нитритов, нитрилов, аминов. Реакции галогеналканов с металлами (Na, Mg).
20. Причина и механизм (E2 и E1) реакций элиминирования галогеналканов.
21. Строение и реакционная способность аллилгалогенидов и винилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения.
22. Галогенпроизводные ароматических углеводородов. Причина инертности хлорбензола в реакциях нуклеофильного замещения. Механизм замещения галогена в неактивированных соединениях.
23. Причина инертности ароматических галогенпроизводных в реакциях нуклеофильного замещения. Механизм замещения галогена в активированных соединениях.
24. Хлористый бензил. Его строение и реакционная способность в реакциях нуклеофильного замещения. Замена галогена на различные группы (примеры реакций).
25. Получение магнийорганических соединений (реактивы Гриньяра). Их строение и свойства: взаимодействие с ацетиленовыми углеводородами с концевой тройной связью, спиртами, кислотами, карбонильными соединениями, диоксидом углерода.
26. Строение одноатомных спиртов. Спирты как ассоциированные жидкости. Причина кислотности спиртов. Реакции образования алкоколятов.
27. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоколят-анионов. Особенности SN₂ реакций спиртов.
28. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоколят-анионов. Особенности SN₁ реакций спиртов.
29. Химические свойства спиртов: реакции с галогеноводородными кислотами, PCl₅, внутри- и межмолекулярная дегидратация, ацилирование и окисление.
30. Одноатомные фенолы. Причина кислых свойств фенолов. Электрофильное замещение в ядро фенолов.
31. Физические методы исследования в органической химии.
32. Стереохимия и оптическая изомерия органических соединений.

Вопросы для проведения экзамена (4 семестр)

1. Получение симметричных и несимметричных простых эфиров (планирование синтеза Вильямсона). Химические свойства простых эфиров: основность, образование оксониевых комплексов, расщепление.
2. Строение нитрогруппы. Таутомерные превращения нитроалканов. Подвижность водорода при α-углеродном атоме.
3. Нитробензол. Восстановление в кислой и щелочной среде.
4. Строение аминов: гибридизация атома азота, конфигурация молекулы амина, межмолекулярные водородные связи. Связь между строением и основностью амина.
5. Реакции аминов с кислотами, алкилирование и ацилирование аминов. Реакции с азотистой кислотой. Реакции ароматических аминов с альдегидами.
6. Диазосоединения: строение и получение. Реакции с выделением и без выделения азота.

7. Строение карбонильной группы. Химические свойства алифатических карбонильных соединений: присоединение спиртов, гидросульфита натрия, синильной кислоты, пятихлористого фосфора, реактивов Гриньяра.
8. Реакции альдегидов и кетонов с аммиаком и его производными: гидразином, гидроксиламином, фенилгидразином.
9. Причина реакционной способности водорода у α -углеродного атома. Кето-енольная таутомерия. Механизм альдольно-кратоновой конденсации.
10. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов. Реакция Канницаро.
11. Строение и особенности химических свойств α,β -непредельных альдегидов и кетонов (реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения).
12. Реакционная способность ароматических альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения (реакция с синильной кислотой и гидросульфитом натрия). Окисление и восстановление.
13. Реакции конденсации ароматических альдегидов и кетонов: конденсация с алифатическими альдегидами и кетонами, реакция Перкина, перекрестная реакция Канницаро. Их механизмы.
14. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Кислотные свойства одноосновных карбоновых кислот. Реакции кислот с металлами, щелочами, карбонатами, реактивами Гриньяра.
15. Реакция этерификации, ее механизм. Декарбокислирование и восстановление кислот.
16. Получение производных кислот: солей, амидов, нитрилов, ангидридов и галогенангидридов, сложных эфиров. Гидролиз производных кислот. Реакционная способность производных в реакциях нуклеофильного присоединения.
17. Особенности химических свойств α,β -непредельных кислот. Акриловая и метакриловая кислоты, акрилонитрил.
18. Особенности физических и химических свойств двухосновных кислот. Кислотность. Реакции декарбокислирования.
19. Малоновый эфир и синтезы на его основе.
20. Кислотные свойства ароматических карбоновых кислот. Влияние природы и расположения заместителей на силу кислот.
21. Фуран, тиофен, пирразол: строение, ароматичность, ацидофобность.
22. Особенности электрофильного замещения в пятичленных гетероциклах.
23. Конденсированные системы с пятичленными гетероциклами
24. Строение пиридина и его реакционная способность.
25. Направление реакций электрофильного замещения в пиридине.
26. Направление реакций нуклеофильного замещения в пиридине.
27. Конденсированные системы с шестичленными гетероциклами.
28. Оптическая активность органических соединений, асимметрический атом углерода.
29. Проекционные формулы Фишера.
30. Стереизомерия соединений с двумя асимметрическими атомами углерода.
31. Гидроксикислоты: особенности химических свойств α,β,γ - гидроксикислот.
32. Аминокислоты: особенности физических и химических свойств α,β,γ - аминокислот. Биполярный ион.
33. Углеводы: классификация, строение, конфигурация.
34. Моносахариды: глюкоза и фруктоза.
35. Химические свойства углеводов: восстановление, окисление, реакции с синильной кислотой.
36. Алкилирование, ацилирование углеводов,
37. Взаимодействие углеводов с производными аммиака (гидроксиламином, фенилгидразином).
38. Дисахариды: лактоза, мальтоза, целлобиоза, сахароза. Строение, свойства и распространение в природе.
39. Полисахариды: крахмал. Строение, свойства и распространение в природе.
40. Полисахариды: целлюлоза. Строение, свойства

VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

➤ Основная литература

1. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2940-2.
2. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 255 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1053-1 (Ч. I), ISBN 978-5-94774-759-1 1
3. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2 / М. В. Ливанцов [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 714 с.: ил. - 70x100/16. - (Учебник для высшей школы). ISBN 978-5-9963-1054-8 (Ч. II), ISBN 978-5-94774-759-1
4. Практикум по органической химии [Электронный ресурс] / В. И. Теренин [и др.] ; под ред. академика РАН Н. С. Зефирова. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 568 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-1101-9

➤ Дополнительная литература

1. Органическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Богомолова, С.С. Макарихина. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 365 с. - ISBN 978-5-9765-1705-9.
2. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 3-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 368 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2109-4 (Т. I), ISBN 978-5-9963-0357-1
3. Травень, В. Ф. Органическая химия. Том 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 517 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2110-0 (Т. II), ISBN 978-5-9963-0357-1
4. Травень, В. Ф. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. III / В. Ф. Травень. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 388 с.: ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2111-7 (Т. III), ISBN 978-5-9963-0357-1.
5. Ермолаева, Елена Вадимовна. Контрольные задания по органической химии / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Л. А. Дуденкова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра полимерных материалов. — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009. — 44 с.
6. Ермолаева, Елена Вадимовна. Основы синтезов органических соединений : учебное пособие / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Е. С. Ильина ; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010. — 104 с. : ил., табл..

➤ Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

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


VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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


Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»

Рабочую программу составил: к.т.н., доцент Ермолаева Е.В. 

Рецензент: ген.директор ООО «ЭластПУ» Романов С.В. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий
протокол № 8 от 1.04.15 года.


Заведующий кафедрой _____

 Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»

протокол № 9 от 1.04.15 года.

Председатель комиссии _____

 Панов Ю.Т.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 5.09.16 года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 4.09.17 года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 2018/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 3.09.18 года

Заведующий кафедрой _____

Рецензия
на рабочую программу дисциплины «Органическая химия»
для студентов направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии» очной формы обучения
(автор доцент Ермолаева Е.В.)

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Органическая химия» доцента кафедры химических технологий Ермолаевой Е.В. для студентов направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» очной формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяет достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует данная дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (в зачетных единицах и часах) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям, с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде вопросов к экзамену, тематики лабораторных работ, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать заявленные задачи дисциплины и достигнуть поставленную цель.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Органическая химия» доцента кафедры химических технологий Ермолаевой Е.В. составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке бакалавров направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Рецензент _____

ген. директор ООО «ЭластПУ» Романов С.В.

