

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«31» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Органическая химия

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:

«Общая химия»

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №2 от 14.05.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.03.01 «Химия» (программа бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки от 17 июля 2017 г. №671.

Год (годы) приема на обучение 2021/2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников), соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>УК-1.Б Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>УК-1.С.1 Осуществляет поиск, критический анализ и синтез информации с использованием требований системного подхода</p>	<p>Уметь: находить необходимые для работы сведения в открытых источниках информации Уметь: сопоставлять информацию из разных источников, оценивать ее достоверность Владеть навыками поиска и критического анализа информации по теме научного проекта</p>
	<p>УК-1.С.2 Формулирует научно обоснованные гипотезы, создает теоретические модели явлений и процессов</p>	<p>Уметь: формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных</p>
<p>УК-2.Б Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>УК-2.Б.1Использует современные базы данных для поиска информации по заданной теме</p>	<p>Уметь: использовать программные средства удаленного коллективного доступа для решения задач научной деятельности Владеть: навыками обмена профессиональной информации с учетом основных требований информационной безопасности</p>
	<p>УК-2.Б.2 Использует современные информационные технологии для обмена информацией в деловой и профессиональной сфере с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p>Уметь: пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)</p>
<p>УК-4.Б Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государствен-</p>	<p>УК-4.Б.1 Осуществляет письменную и устную коммуникацию на русском и (или) иностранном языке в академической сфере</p>	<p>Уметь: выбирать коммуникативно приемлемый стиль делового общения, использовать необходимые языковые средства, тактики и стратегии для решения коммуникативных задач в академической и профес-</p>

<p>венном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)</p>		<p>сиональной сферах</p>
	<p>УК-4.Б.3. Работает с текстами разного уровня сложности, отвечающими задачам профессиональной деятельности</p>	<p>Уметь: работать с учебными и научными текстами разного уровня сложности, отвечающих задачам профессиональной деятельности</p>
<p>УК-8.Б Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов</p>	<p>УК-8.Б.1 Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности</p>	<p>Знать: нормы техники безопасности при работе в лаборатории Уметь: проводить стандартные операции по определению состава веществ и материалов с соблюдением норм ОХ и ТБ Владеть: навыками безопасного обращения с веществами и приборами при работе в лаборатории</p>
<p>ОПК-1.Б Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений</p>	<p>ОПК-1.Б.1. Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных</p>	<p>Знать: место органической химии в ряду других химических и естественнонаучных дисциплин; Знать: основные классы органических соединений, методы их синтеза, свойства, пространственное и электронное строение; Знать: основные типы органических реакций и механизмы их протекания; Знать: основные методы исследования структуры и свойств органических соединений; Знать: роль основных классов органических соединений в живой природе, пути их возникновения, функции и трансформации; Знать: основные области применения органических соединений в промышленности, сельском хозяйстве, быту, медицине и других областях</p>

	ОПК-1.Б.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	Знать: основные закономерности, связывающие строение и свойства органических соединений; Уметь: формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе органической химии
	ОПК-1.Б.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	Уметь: формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных и собственных экспериментальных данных в области органической химии
ОПК-2.Б 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.Б.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории Уметь: работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности органических веществ и материалов
	ОПК-2.Б.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик	Знать: основные методы исследования структуры и свойств органических соединений; Уметь: проводить синтез органических веществ по заданной методике Уметь: проводить органический синтез и изучение свойств органических веществ и с соблюдением норм техники безопасности Уметь: корректно интерпретировать результаты определения состава органических веществ
	ОПК-2.Б.3 Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	Уметь: пользоваться стандартным оборудованием химической лаборатории при решении учебных задач курса органической химии
ОПК-5.Б Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использо-	ОПК-5.Б.2 Использует современные компьютерные технологии при сборе информации химического профи-	Знать: основные базы данных химического профиля Уметь: использовать программные средства удаленного коллективного доступа для решения задач науч-

<p>вать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ля с использованием общих и профессиональных баз данных, систематизации и обработке данных</p>	<p>ной деятельности Уметь: представлять результаты своей научной работы в письменном виде согласно требованиям к курсовым работам в соответствующей области химии Уметь: пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.) Уметь: корректно составлять поисковый запрос информации химического содержания и находить необходимые для работы сведения в открытых источниках информации Владеть: навыками обмена профессиональной информацией с учетом основных требований информационной безопасности</p>
<p>ОПК-6.Б Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе</p>	<p>ОПК-6.Б.1. Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</p>	<p>Знать: требования к оформлению и представлению результатов синтетических работ в области органической химии Владеть: навыками оформления протоколов органического синтеза</p>
<p>ПК-1.Б Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</p>	<p>ПК-1.Б.1 Использует современные компьютерные технологии при сборе информации химического профиля с использованием общих и профессиональных баз данных</p>	<p>Знать: основные базы данных химического профиля Уметь: корректно составлять поисковый запрос информации о методах синтеза и свойствах органических соединений Уметь: сопоставлять информацию о методах синтеза и свойствах органических соединений</p>
<p>ПК-2.Б Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>ПК-2.Б.1 Проводит экспериментальные и (или) расчетно-теоретические исследования в рамках предложенного плана</p>	<p>Владеть: стандартными инструментальными методами исследования органических веществ и материалов</p>

<p>ПК-3.Б Способен синтезировать вещества и материалы разной природы, исследовать их структуру и свойства</p>	<p>ПК-3.Б.1 Синтезирует вещества и материалы различной природы по стандартным методикам, изучает их структуру и свойства</p>	<p>Уметь: осуществлять в лабораторных условиях сложные синтезы органических соединений Уметь: оценить выход целевого продукта при органическом синтезе, идентифицировать побочные продукты Владеть: основными приемами работы с органическими веществами: - очистка органических соединений методом перекристаллизации, перегонки всех видов (под вакуумом, с паром, микроперегонка), возгонки, хроматографии; - работа в инертной атмосфере; - работа с полумикроколичествами вещества (на уровне 100 -200 мг)</p>
--	---	---

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 15 зачетных единиц, всего 540 часов, из которых 344 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (72 часов - занятия лекционного типа, 72 часа - занятия семинарского типа, 180 часов – лабораторные работы, 8 часов – групповые консультации, 12 часов - мероприятия промежуточной аттестации), 196 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для того чтобы формирование компетенций было возможно, обучающийся должен

знать: основные свойства химических элементов и их соединений, закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах;

уметь: формулировать и решать конкретные задачи на основе усвоенных законов и закономерностей; получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты;

владеть: техникой химического эксперимента, простейшими расчетными методами решения химических задач, навыками поиска необходимых данных в открытых источниках (в том числе, в информационных базах данных).

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов. П.	Всего
Вводный раздел	22	8	8	4			20			2
Углеводороды	42	8	8	18			34			8
Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду	52	8	8	28			44			8
Карбонильные соединения	52	8	8	28			44			8
Карбоновые кислоты	32	4	4	18			26			6
Ароматические соединения	54	8	8	30			46			8
Нитро-, amino-, diazosоединения	40	8	8	18			34			6
Фенолы	14	4	4	-			8			6
Алициклы	34	6	6	18			30			4

Гетероциклы	34	6	6	18			30			4
Природные соединения	12	4	4	-			8			2
Курсовая работа	72					4	4			68
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	80				8	8	16			64
Итого	540	72	72	180	8	12	344			196

Список лабораторных работ

Задача	Тема
1	Инструктаж и сдача норм техники безопасности работы в практикуме по органической химии. Порядок ведения рабочего журнала. Правила оформления и сдачи работ, изучение основных способов идентификации и выделения целевых веществ. Получение и оформление допуска к лаб. работе 1.
2	Получение, выделение и очистка жидких органических веществ (сложные эфиры) методом ректификации при различном давлении пара над раствором.
3	Получение, выделение и очистка кристаллических органических веществ (анилиды и сложные эфиры карбоновых кислот, гидрохлориды аминокислот) методом перекристаллизации из насыщенного раствора.
4	Идентификации веществ в бинарной смеси контроля состава методом ТСХ со свидетелем. Препаративное разделение веществ различной полярности на силикагеле и оксиде алюминия. Градиентное элюирование веществ.
5	Получение и выделение алкена.
6	Очистка и определение характеристик целевого соединения (алкена).
7	Очистка и определение характеристик целевого соединения, анализ данных ЯМР спектроскопии высокого разрешения.
8	Защита лабораторных работ по разделу 2.
9	Получение алкилгалогенидов и спиртов методами нуклеофильного замещения и восстановления карбонильных соединений.
10	Синтез вторичных и третичных спиртов через магнийорганические соединения.
11	Выделение алкилгалогенидов и спиртов, полученных методами нуклеофильного замещения и восстановления карбонильных соединений.
12	Выделение вторичных и третичных спиртов, полученных через магнийорганические соединения.

	Защита лаб. работ по разделам 3-4.
13	Получение алифатических и ароматических альдегидов и кетонов.
14	Выделение алифатических и ароматических альдегидов и кетонов. Получение сопряженных енонов, галогенкетонов, иминов и оксимов.
15	Выделение сопряженных енонов, галогенкетонов, иминов и оксимов. Защита лаб. работ по разделу 5
16	Синтез, основанный на использовании карбоновых кислот или их производных, например, сложноэфирная конденсация.
17	Синтез на основе малонового или ацетоуксусного эфира.
18	Получение и выделение галоген, ацил, нитро, сульфоареновых производных.
19	Получение производных аренов методами окисления и восстановления функциональных групп и боковой цепи, нуклеофильное замещение галогена в нитроаренах.
20	Выделение производных аренов, полученных методами окисления и восстановления функциональных групп и боковой цепи, нуклеофильное замещение галогена в нитроаренах.
21	Синтез аминов или их производных.
22	Синтез с использованием солей диазония.
23	Получение или функционализация гетероциклического соединения.

6. Образовательные технологии:

- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Расположены на сайте химического факультета МГУ в разделе «Органическая химия»

Темы для самостоятельного изучения:

Индуктивный и мезомерный эффекты.

Номенклатура органических соединений IUPAC. Основные принципы построения названий органических соединений. Стереохимия органических соединений.

Применение физических методов для определения химического строения органических соединений.

Электрофильное присоединение к алкенам, алкинам, диенам. Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов. Общее представление о механизме реакций. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидроборирование алкенов и алкинов.

Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (SN1- и SN2-механизмы). Зависимость механизма реакции от структурных факторов в исходном соединении. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность. Методы синтеза алкилгалогенидов (алкилхлоридов, бромидов, иодидов и фторидов) из спиртов, алкенов, алканов, самих алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др. Реакции β-элиминирования.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе. Реакции карбонильных соединений с металлоорганическими реагентами. Кето-енольная таутомерия кетонов. Кислотный и основной катализ этих реакций. Альдольная конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной среде. Механизм реакции. Синтез α,β-ненасыщенных карбонильных соединений. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами. Направленная альдольная конденсация.

Получение карбоновых кислот, синтез на основе металлоорганических соединений, с использованием малонового эфира. Производные карбоновых кислот: галогенангидриды, сложные эфиры, амиды Конденсации с участием сложных эфиров. Синтезы с ацетоуксусным и малоновым эфиром.

Концепция ароматичности. Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Каталитическое гидрирование аренов. Механизмы в реакциях ароматического нуклеофильного замещения.

Алифатические и ароматические нитросоединения. Амины. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Алифатические и ароматические диазосоединения. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Диазометан.

Методы получения фенолов. Электрофильное замещение в ароматическом кольце фенолов. Хиноны

Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Специальные методы синтеза соединений со средним размером цикла и синтез макроциклов.

Ароматичность гетероциклов. Ориентация электрофильного замещения в пятичленных и шестичленных ароматических гетероциклах. Синтез. Нуклеофильное замещение атомов водорода в хинолине и пиридине.

Аминокислоты. Классификация (незаменимые, заменимые, гидрофильные, гидрофобные). Кислотно-основные свойства. Химические свойства.

Углеводы. Классификация углеводов: а) по количеству атомов С; б) по наличию С=О или СНО групп; в) по количеству циклических фрагментов.

8. Ресурсное обеспечение:

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.. Органическая химия. М. 5 издание: Изд. МГУ, Изд. «Бином Лаборатория знаний», 2013, Т. 1, С. 567. ISBN 978-5-9963-1535-2. библиотека МГУ [drive.google.com]]
2. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.. Органическая химия. М. 5 издание: Изд. МГУ, Изд. «Бином Лаборатория знаний», 2013, Т. 2, С. 623. ISBN 978-5-9963-1536-9. библиотека МГУ [drive.google.com]]
3. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.. Органическая химия. М. 5 издание: Изд. МГУ, Изд. «Бином Лаборатория знаний», 2014, Т. 3, С. 544. ISBN 978-5-9963-1335-8. библиотека МГУ [drive.google.com]]
4. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.. Органическая химия. М. 5 издание: Изд. МГУ, Изд. «Бином Лаборатория знаний», 2013, Т. 4, С. 729. ISBN 978-5-9963-2498-9, ISBN 978-5-00101-410-2. библиотека МГУ [drive.google.com]]
5. Курц А.Л., Ливанцов М.В., Чепраков А.В., Ливанцова Л.И., Зайцева Г.С., Кабачник М.М. Задачи по органической химии с решениями, 4 издание. М.: Изд. «Бином Лаборатория знаний», 2014. С. 264. ISBN 978-5-9963-1321-1. [znanium.com]
6. В.И.Теренин, М.В. Ливанцов, Л.В. Ливанцова, Е.Д. Матвеева, П.В. Ивченко, И.Э. Нифантьев, *Практикум по органической химии. М., Бином, 2010.*

Дополнительная литература

1. Шабаров Ю. С.. Органическая химия. Санкт-Петербург: Лань, 2011, С 945, ISBN 978-5-8114-1069-9.[pl.b-ok.cc]
2. Травень В. Ф. Органическая химия: учебник для вузов; М.: ИКЦ «Академкнига», Т. 1, 2004. С. 593, ISBN 5-94628-068-6 [in-chemistry.ru]
3. Травень В. Ф. Органическая химия: учебник для вузов; М.: ИКЦ «Академкнига», Т. 2, 2004. С. 582, ISBN 5-94628-172-0. [in-chemistry.ru]
4. Робертс Дж., Касерио М.. Основы органической химии. М.: Мир, 1978, тт. 1,2. (booksonchemistry.com)
5. Терней А.. Современная органическая химия. М.: Мир, 1981, тт. 1,2. [drive.google]
6. Органикум, М.: Мир, 2008. ISBN 978-5-03-003805-6.
7. В.А. Смит, А.Д. Дильман. Основы современного органического синтеза. М. ,Бином, 2009. [ru.b-ok.cc]
8. П.Ласло. Логика органического синтеза. Т.1,2. М. «Мир» 1998. [pl.b-ok.cc]
9. Ливанцов М.В., Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Гулюкина Н.С., Болесов И.Г. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями. В 2-х частях. Часть 1 Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. С. 256. ISBN 978-5-94774-757-7. **по органической химии.** М. ,Бином, 2010. [znanium.com]
Ливанцов М.В., Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Гулюкина Н.С., Болесов И.Г. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями. в 2-х частях. Часть 2 место издания БИНОМ. Лаборатория знаний Москва, 2017, С. 712, ISBN 978-5-94774-758-4. [znanium.com]

Интернет-ресурсы

Материалы следующих сайтов используются в преподавании различных разделов курса:

1. www.chem.msu.ru/rus/teaching
2. www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/virtual_text

[MIT Open CourseWare](#)

[Reaction quizzes and summaries from Towson University](#)

[Electronic flashcards from Ohio State University](#)

[Concept questions from University of Wisconsin](#)

[Practice problems from UCLA](#)

[Arrow Pushing Tutorial](#)

[BestChoice, University of Auckland](#) Demo may be used

[Spectroscopy problems from Notre Dame](#)

Программное обеспечение современных информационных компьютерных технологий

ACDLabs - программное обеспечение позволяющая проводить соотнесения и расшифровку ЯМР-, ИК-, УФ-, масс-спектров; программа, имеющая полный набор инструментов для предсказания молекулярных физических свойств на основе химической структуры, включающий pK_a , $\log P$, $\log D$, и растворимость в зависимости от pH.

Материально-техническое обеспечение – лекционная аудитория (поточная) с техникой для презентации материала;

405 Лабораторное помещение, рассчитанное на **20** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Весы Adventure Ohaus RV 214 - 1 шт.; Весы VIBRA HTR-220CE - 1 шт.; Испаритель роторный IKA RV10 - 2 шт.; Мешалка механическая IKA RV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная IKAC-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай) - 7 шт.; Насос вакуумный Vacuumbrand RE-6 - 1 шт.; Рефрактометр - 1 шт.; Спектрофотометр - 1 шт.; Лампа УФ - 1 шт.; Прибор для определения температуры плавления - 1 шт

419 Лабораторное помещение, рассчитанное на **30** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Холодильник - 1 шт.; Весы VIBRA HTR-220CE - 1 шт.; Испаритель роторный IKA RV10 - 2 шт.; Мешалка механическая IKA RV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная IKAC-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай) - 7 шт.; Насос вакуумный Vacuumbrand RE-6 - 1 шт.; Рефрактометр RMT - 1 шт.; Спектрофотометр - 1 шт.; Холодильник - 1 шт

319 Лабораторное помещение, рассчитанное на **30** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Мешалка механическая IKA RV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная IKAC-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай) - 7 шт.; Холодильник - 1 шт.; Спектрофотометр - 1 шт.; Весы Adventure Ohaus RV 214 - 1 шт.; Весы VIBRA HTR-220CE - 1 шт.; Испаритель роторный IKA RV10 - 2 шт.; Насос вакуумный Vacuumbrand RE-6 - 1 шт.; Рефрактометр - 1 шт.

305 Лабораторное помещение, рассчитанное на **20** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Спектрофотометр - 1 шт.; Компьютер Pentium 4 - 1 шт.;

Рефрактометр RMT - 1 шт.; Весы Adventure Ohaus RV 214 - 1 шт.; Испаритель роторный ИКА RV10 - 2 шт.; Мешалка механическая ИКА RV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная ИКАС-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай - 7 шт.; Насос вакуумный VacuumbrandRE-6 - 1 шт.

505 Лабораторное помещение, рассчитанное на **20** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Компьютер Pentium 4 - 1 шт.; Спектрофотометр - 1 шт.; Рефрактометр RMT - 1 шт.; Насос вакуумный Vacuumbrand RE-6 - 1 шт.; Весы VIBRA HTR-220CE - 1 шт.; Испаритель роторный ИКАRV10 - 1 шт.; Мешалка механическая ИКА RV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная ИКАС-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай - 8 шт.; Лампа УФ - 1 шт.

519 Лабораторное помещение, рассчитанное на **30** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Компьютер Pentium 4 - 1 шт.; Спектрофотометр - 1 шт.; Рефрактометр RMT - 1 шт.; Насос вакуумный Vacuumbrand RE-6 - 1 шт.; Весы VIBRA HTR-220CE - 1 шт.; Испаритель роторный ИКАRV10 - 1 шт.; Мешалка механическая ИКА RV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная ИКАС-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай - 8 шт.; Лампа УФ - 1 шт.

205 Лабораторное помещение, рассчитанное на **20** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Весы Adventure Ohaus RV 214 - 1 шт.; Весы VIBRA HTR-220CE - 1 шт.; Испаритель роторный ИКА RV10 - 1 шт.; Мешалка механическая ИКАRV16 - 8 шт.; Мешалка магнитная ИКАС-MAGHS10 - 8 шт.; Мешалка магнитная ММ-ЛБ-24(Китай - 8 шт.; Насос вакуумный Vacuumbrand RE-6 - 1 шт.; Рефрактометр RMT - 1 шт

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

к.х.н. доцент Ливанцов Михаил Васильевич, кафедра органической химии химического факультета МГУ, msu.livantsov@mail.ru
Тел. Раб. +7 495 9393437, лектор

к.х.н. доцент Ливанцова Людмила Ивановна, , кафедра органической химии химического факультета МГУ, phosphor433@mail.ru
раб.тел. +7 495 9393437

к.х.н. доцент Алексеев Роман Сергеевич, кафедра органической химии химического факультета МГУ, azaindole@mail.ru, раб.тел.
+7 495 9393518

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Допуск студента к выполнению лабораторной работы осуществляется при предоставлении им лабораторного журнала, содержащего название синтеза, уравнение реакции, расчет количества реагентов, план работы, побочные реакции, сведения о технике безопасности (при необходимости).

Прием выполненной работы производится при предоставлении очищенного вещества, наличии подробного отчета о работе (наблюдения и их объяснения), таблицы с физико-химическими характеристиками, спектральными данными (при возможности или при необходимости), а также иными подтверждениями чистоты продукта. Жидкие вещества сдаются преподавателю в запаянных стеклянных ампулах. Твердые вещества - в пробирках, закрытых пробкой. Все препараты должны быть подписаны и на этикетке должны быть представлены физико-химические характеристики.

Список вопросов к коллоквиумам по органической химии I семестр:

Природа индуктивного эффекта. Природа резонансного (мезомерного) эффекта. Способы обозначения индуктивного и резонансного эффекта (резонансные структуры, кривые стрелки). Правила написания резонансных структур. Примеры групп с +M и -M эффектами. Анализ влияния заместителей (сочетание индуктивного и резонансного эффектов, только индуктивные заместители, примеры заместителей с противоположными эффектами) на типичные свойства (стабильность катионов, анионов, кислотность и основность) органических соединений.

Алканы. Химические свойства алканов. Гомо- и гетеролитический разрыв связи. Хлорирование метана. Механизм цепной радикальной реакции. Селективность хлорирования и бромирования алканов. Сульфохлорирование. Нитрование по Коновалову. Термический крекинг. Окисление, горение. Распространение алканов в природе и их источники.

Электронное строение двойной связи C=C. Геометрическая изомерия. (*цис-транс*- и *Z/E*- номенклатура). Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов. Понятие о нуклеофильных и электрофильных реагентах. Электрофильное присоединение к алкенам. Общее представление о механизме реакций, π - и σ -комплексы, оние-ионы, скорость определяющая стадия. Стереоселективность процесса. Ad_E2 и Ad_E3 механизмы.

Гидрогалогенирование. Правило Марковникова. Важнейшие примеры: присоединение галогеноводородов к стиролу, виниловым эфирам и винилхлориду. Исключения из формального правила Марковникова: присоединение к электронодефицитным алкенам; присоединение боранов.

Гидратация алкенов. Алкоксимеркурирование. Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора (боранов). Региоспецифические гидроборирующие агенты. Превращение борорганических соединений в алканы, спирты, алкилгалогениды.

Озонолиз алкенов. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов. Окисление алкенов до диолов (гидроксилирование) по Вагнеру, Криге (тетраоксид осмия, представление о каталитическом варианте реакции). Гидроксилирование через гидролиз эпоксидов по Прилежаеву. Стереохимия гидроксилирования алкенов.

Синтез алкенов: реакции элиминирования (спирты, галогеналканы, четвертичные аммониевые основания, региоселективность, правила Зайцева и Гофмана), стереоселективное гидрирование алкинов, реакция Виттига.

Электронная природа тройной углерод-углеродной связи. Строение ацетилена. Стереоселективное гидрирование алкинов. С-Н кислотность алкинов. Ацетилениды натрия, лития и меди, получение и использование в органическом синтезе. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов.

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

Гидратация алкинов (реакция Кучерова). Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Превращение борорганических производных в алкены, карбонильные соединения. Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение.

Диены. Реакция Дильса-Альдера как метод образования С-С связей и синтеза шестичленных циклов. Диены и диенофилы. Необходимая конформация нециклического диена. Механизм реакции. Реакция с циклическими диенами (циклопентадиеном, циклогексадиеном).

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.). Типы нуклеофилов (анионы, нейтральные молекулы, растворители). Уходящие группы. Классификация по механизму: S_N1 и S_N2 . Стереохимия реакций. Вальденовское обращение. Влияние пространственных факторов на скорость реакций.

Природа нуклеофила. Нуклеофильность и основность. Факторы, определяющие реакционную способность нуклеофильного реагента. Поляризуемость и сольватация нуклеофила. Конкуренция S_N и E реакций. Влияние природы растворителя на протекание реакций нуклеофильного замещения, биполярные, апротонные растворители. Влияние природы уходящей группы. Методы создания хорошей уходящей группы.

Методы синтеза альдегидов и кетонов из алкенов, алкинов, спиртов, металлоорганических соединений, производных карбоновых кислот. Пиролиз солей карбоновых кислот.

Электронное строение карбонильной группы. Присоединение нуклеофилов к карбонильной группе (гидратация, присоединение спиртов, гидросульфита натрия, цианистого водорода, ацетиленов). Механизм. Кислотный и основной катализ при присоединении воды и спиртов. Присоединение азотистых нуклеофилов. Имины и енамины, их использование в органическом синтезе. Оксимы, гидразоны.

1,3-Дитианы. Синтез, СН-кислотность. Обращение полярности *карбонильного* атома углерода. Использование анионов дитианов в синтезе.

Влияние C=O на кислотность α -C-H связей в карбонильных соединениях. Кето-енольная таутомерия кетонов, дикетонов и кетоэфиров. Енолизация, катализируемая кислотами и основаниями. Реакции, протекающие через образование енольной формы. Дейтерообмен. Галогенирование карбонильных соединений. Галоформная реакция.

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

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

Сложноэфирная конденсация. Механизм. Конденсация двух различных сложных эфиров. Направленная сложноэфирная конденсация. Конденсация Дикмана. Конденсация сложного эфира и кетона. Реакция Реформатского.

Свойства ацетоуксусного эфира (АУЭ). Таутомерия. Реакции кетонной и енольной формы. Синтезы с использованием АУЭ. Кетонное и кислотное расщепление. Синтезы с использованием малонового эфира.

Двухосновные кислоты. Синтез. Химические свойства и использование в синтезе (диэтилоксалат, малоновый эфир, N-бромсукцинимид). Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот как метод синтеза средних и макроциклов. Фталевая кислота, получение в промышленности. Фумаровая и малеиновая кислоты, их эфиры и использование в синтезе.

Список вопросов к коллоквиумам по органической химии II семестр:

Ароматические соединения. Лабораторные методы получения: реакция Вюрца-Фиттига, кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Восстановление жирноароматических кетонов по Клемменсену и Кижнеру-Вольфу. Алкилирование и ацилирование бензола и других аренов по Фриделю-Крафтсу. Концепция ароматичности на примере строения бензола. Формула Кекуле. Правило Хюккеля для моноциклических аннуленов. Конденсированные ароматические углеводороды. Понятие об антиароматичности. Ароматические катионы и анионы C3-C9 и методы генерирования этих ионов. Пяти- и шестичленные гетероциклические соединения, их бензопроизводные.

Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения. Изотопный обмен водорода как простейшая реакция электрофильного замещения. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Электрофильное замещение в замещенных бензолах. Согласованная и несогласованная ориентация. Нитрование ароматических соединений: бензола, замещенных бензолов, бифенила и нафталина. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Понятие об *ипсо*-атаке и *ипсо*-замещении в реакции нитрования. Сульфирование ароматических соединений. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакциях сульфирования фенола и нафталина. Галогенирование (хлорирование и бромирование): бензола, замещенных производных бензола, конденсированных аренов и бифенила. Окислительное иодирование аренов.

Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Побочные процессы при алкилировании бензола по Фриделю-Крафтсу (полиалкилирование и изомеризация). Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в *o*- и *p*-положения. Восстановление ацильных производных бензола как путь к

синтезу длинноцепочечных алкилбензолов. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакции и применений в органическом синтезе.

Каталитическое гидрирование аренов как путь к синтезу замещенных циклогексанов. Восстановление бензола, нафталина и их производных по Бёрчу.

Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду. Бимолекулярный механизм присоединения-отщепления на примере активированных субстратов. Примеры S_{NAr} реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_{NAr} реакций в органическом синтезе. Механизм $S_{RN}1$ в ароматическом ряду и область его применения. Инициирование ион-радикальной цепи. Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Строение дегидробензола и методы генерации.

Амины как основания и нуклеофилы. Методы получения: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, нитрилов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Восстановительное аминирование карбонильных соединений. Реакция Риттера как метод синтеза первичных аминов с третичным углеродным радикалом. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние заместителей в ароматическом ядре на основность аминов.

Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману и N-окисей третичных аминов по Коупу. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование, формилирование. Защита аминогруппы.

Алифатические и ароматические нитросоединения. Получение. Свойства. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо-, гидразосоединения). Селективное восстановление нитрогруппы в *m*-динитробензоле как подход к синтезу 1,3-дизамещенных бензолов.

Диазометан. Строение. Реакции с фенолами, кислотами, галогенангидридами, кетонами. Каталитические реакции с алкенами (механизм и стереохимия). Диазоуксусный эфир. Синтез и использование в органическом синтезе.

Ароматические диазосоединения. Условия и механизм диазотирования первичных ароматических аминов в зависимости от строения амина. Строение и устойчивость солей диазония. Реакции ароматических диазосоединений с выделением азота (замена диазогруппы на гидроксил-, галоген-, циано-, нитрогруппу и водород). Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Образование линейных и циклических триазенов. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители и индикаторы.

Фенолы и хиноны. Методы получения фенолов из аренсульфокислот, арилгалогенидов, ионов арендиазония, окисление формильных производных аренов по Байеру-Виллигеру с последующим гидролизом. Получение фенола в промышленности из кумола (изопропилбензола). Фенолы как O-H кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Фенолят-анион как нуклеофил. Получение простых и сложных эфиров фенолов. Расщепление простых эфиров фенолов концентрированной иодистоводородной кислотой. Окисление фенолов. Окисление фенолов. Хиноны. Синтез 1,4-бензохинона, 1,4-нафтохинона. Использование хинонов в качестве окислителей (хлоранил, и DDQ), ненасыщенных кетонов, диенофилов в реакции Дильса-Альдера. Реакции электрофильного замещения в

ароматическом кольце фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование, алкилирование, ацилирование, формилирование. Фенолфталеин. Карбоксилирование щелочных солей фенолов по Кольбе. Реакция Реймера-Тимана для фенолов. Перегруппировка Кляйзена.

Алициклические углеводороды. Малые циклы - циклопропан и циклобутан, методы синтеза и строение, Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана (обычные циклы). Конформации циклогексана, моно- и дизамещенных циклогексанов и их взаимные переходы. Влияние конформационного положения функциональных групп на реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления, окисления (связь структура-свойства). Алициклы со средним размером кольца (C₇-C₁₂). Специальные методы синтеза соединений со средним размером цикла и макроциклов. Ацилоиновая конденсация как универсальный метод синтеза алициклов, начиная с циклобутана (силильный вариант).

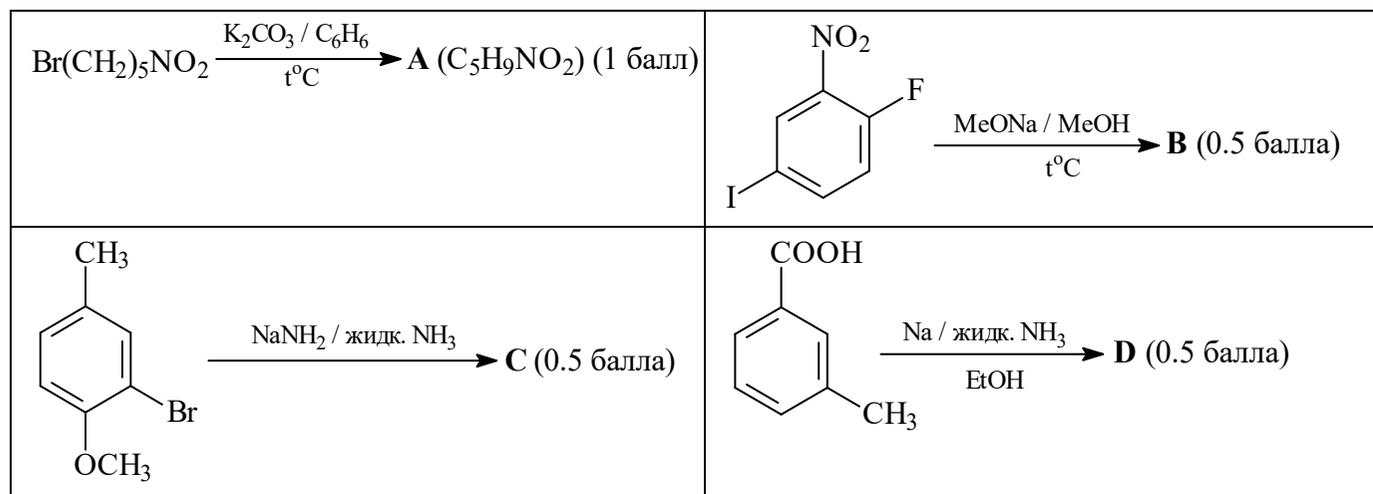
Ароматические гетероциклические соединения. Пятичленные ароматические соединения на примере пиррола, фурана и тиофена. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр). Ориентация электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование и др. Конденсированные пятичленные гетероциклические соединения на примере индола. Синтез производных индола из арилгидразина и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения для индола и его производных. Шестичленные гетероциклические соединения на примере пиридина. Ароматический характер пиридина, сравнение с пирролом и бензолом. Пиридин как основание. Реакции с галоидными алкилами. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-Окись пиридина, получение, нитрование и использование продукта нитрования в синтезе C₄-замещенных пиридинов. Конденсированные шестичленные гетероциклические соединения: хинолин и изохинолин. Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилина по Скраупу и Дебнеру-Миллеру. Пиридин и хинолин как основания. Реакции пиридина и хинолина с алкилгалогенидами. Реакции электрофильного замещения в хинолине и пиридине: нитрование, сульфирование и галогенирование. Нуклеофильное замещение атомов водорода и атомов галогенов в хинолине и пиридине. Реакции с амидом натрия и литийорганическими соединениями.

Аминокислоты. Классификация и специфические свойства аминокислот различного строения. Заменяемые и незаменимые α-аминокислоты. Кислотно-основные свойства. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Химические свойства α-аминокислот (свойства карбоксильной и amino-групп, хелаты, бетаины, поведение при нагревании, синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу). Синтез из галогенкарбоновых кислот (аммонолиз и фталимидный метод синтеза с участием их солей или сложных эфиров), синтез Штреккера. Получение α-аминокислот в оптически активной форме: энантиоселективный синтез аминокислот с использованием хиральных катализаторов и ферментативное разделение рацемических α-аминокислот и α-аминитрилов. Пептидный синтез. Получение пептидов со строго определенной последовательностью аминокислот. Защитные группы в пептидном синтезе. Классический пептидный синтез. Использование дициклогексилкарбодиимида (ДЦК) в качестве конденсирующего средства. Твердофазный пептидный синтез (метод Меррифилда). Определение N- и C-концевых аминокислот. Белки. Строение и пространственная организация.

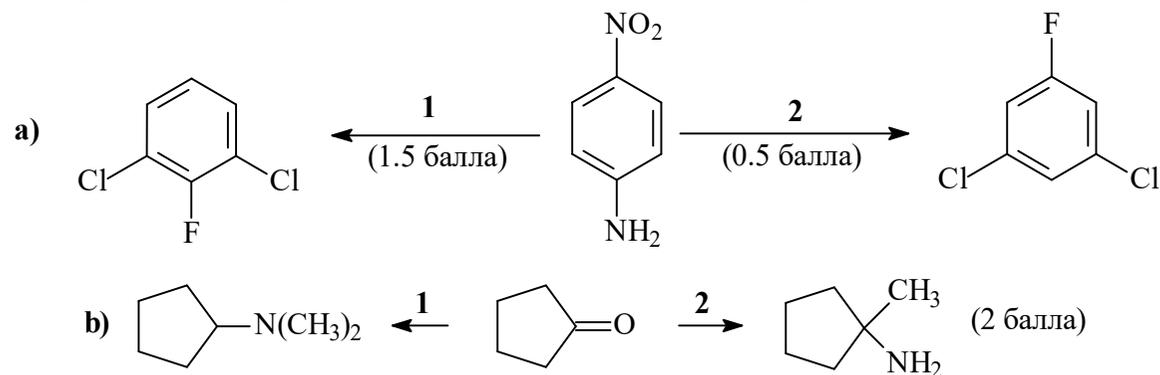
Углеводы. D- и L-ряды углеводов? Классификация углеводов: а) по количеству атомов C; б) по наличию C=O или СНО групп; в) по количеству циклических фрагментов. Синтез углеводов из D-глицеринового альдегида по методу Килиани-Фишера. Строение глюкозы. Открытая и циклическая формулы глюкозы и рибозы. Формулы Хеурса. Пиранозы и фуранозы. Эпимеры, аномеры, мутаротация.

II контрольная работа

1. Какое строение имеют продукты (**A-D**), образующиеся в результате нижеприведенных превращений? (2.5 балла).



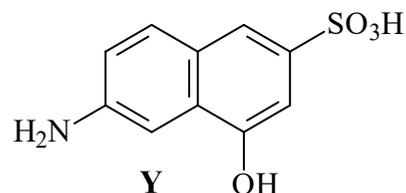
2. Осуществить следующие превращения (реагенты – любые, число стадий – произвольное). (4 балла).



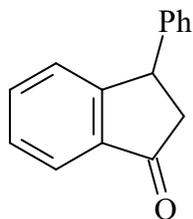
3. Используя неорганические реагенты, превратите толуол в 2,3,4,5,6-пентадейтерийбензойную кислоту. (1 балл).

4. Фенилгидроксиламин при нагревании в присутствии каталитических количеств кислоты перегруппировывается в изомерное ему соединение **X**, в спектре ЯМР ^1H которого обнаружены 2 широких синглета с τ 4.35 и 8.38 м. д. и 2 дублета в области 6.0-7.0 м. д. с соотношением интенсивностей сигналов 2:1:2:2. Предложите структуру соединения **X**.

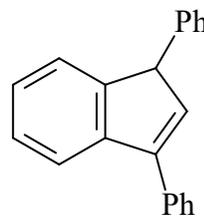
5 Из фталимида получите антраниловую (*орто*-аминобензойную) кислоту. Какова структура азокрасителя **Z**, получающегося при азосочетании диазотированной антраниловой кислоты с соединением **Y** при pH 5.



6. Из бромбензола, этилового эфира коричной кислоты ($\text{PhCH}=\text{CHCOOEt}$) и других необходимых реагентов получите 3-фенилиндан-1-он и 1,3-дифенил-1H-инден.



3-фенилиндан-1-он



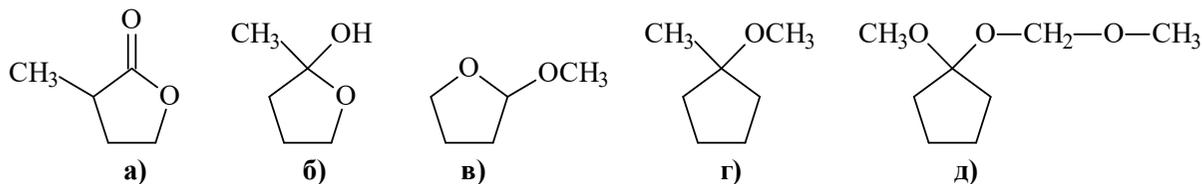
1,3-дифенил-1H-инден

7. Исходя из бензойной кислоты и неорганических реагентов, осуществите синтез фенилизоцианата ($\text{PhN}=\text{C}=\text{O}$) и N^1 -фенил- N^2 -бензилмочевины.

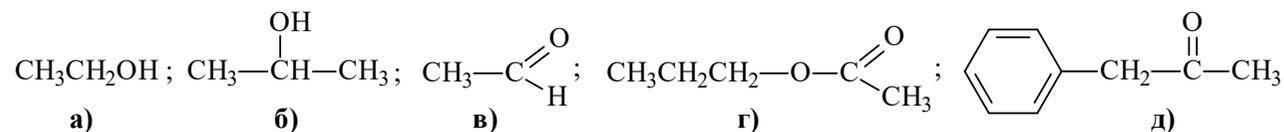
8. Циклопентадиен в присутствии оснований конденсируется с бензофеноном с образованием соединения **I** (молекулярная формула $\text{C}_{18}\text{H}_{14}$). Соединение **I** имеет высокий дипольный момент и способно реагировать как с электрофильными, так и с нуклеофильными реагентами. Так, соединение **I** легко формилируется по Вильсмейеру с образованием соединения **II** (молекулярная формула $\text{C}_{19}\text{H}_{14}\text{O}$) и реагирует на холоду с метиллитием с образованием соединения **III** (молекулярная формула $\text{C}_{19}\text{H}_{17}\text{Li}$). Объясните, причину повышенной CH -кислотности циклопентадиена. Приведите строение соединения **I** и объясните природу его высокого дипольного момента. Какое строение имеют соединения **II** и **III**? Ответы подробно мотивируйте.

III контрольная работа

1. а) Напишите продукты гидролиза водной кислотой следующих соединений:



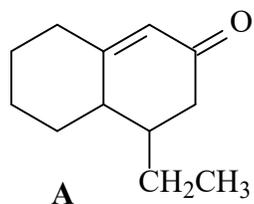
б) Выберите из приведенных ниже соединений те, которые при действии избытка иода в щелочной среде дадут положительную иодоформную реакцию.



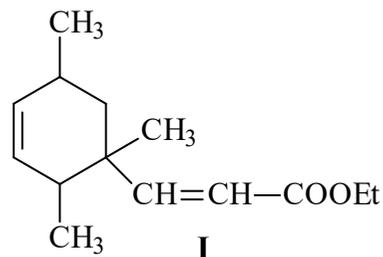
2. Бромирование ацетофенона в кислой среде дает вещество X. Приведите схему образования продукта Y, полученного взаимодействием соединения X с 1-пирролидиноциклогексеном-1 с последующей обработкой реакционной смеси водной кислотой. Напишите реагенты и условия синтеза исходного 1-пирролидиноциклогексена-1.

3. Исходя из бензальдегида, 4-гидроксibenзальдегида, ацетона и других необходимых реагентов, получите душистые вещества: а) 4-(4-гидроксифенил)бутанон-2 ("кетон малины") и б) 4-фенилбутен-3-ол-2.

4. Из пропаналя, ацетона, циклогексанона и других необходимых реагентов получите бициклический непредельный кетон A и обработайте его а) диметилкупратом лития с последующим гидролизом и б) метиллитием с последующим гидролизом.

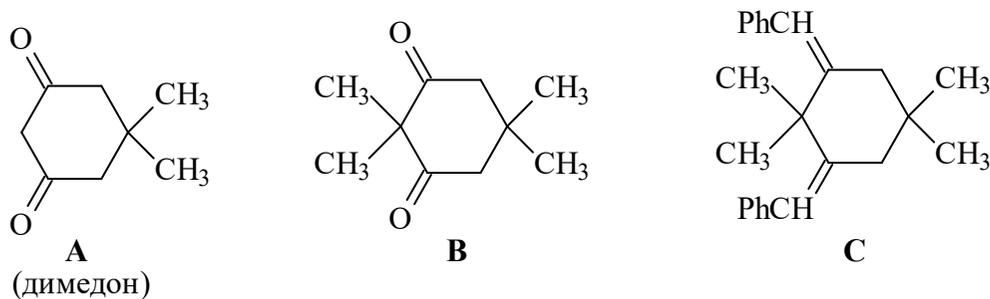


5. Предложите способ синтеза вещества **I**, имея в распоряжении трифенилфосфин, 2-бромпропен-1, гексадиен-2,4, формальдегид и этиловый эфир бромуксусной кислоты.



6. Из 1,4-дибромбутана, метанола и других необходимых реагентов получите а) циклопентанон и б) γ -валеролактон (внутренний сложный эфир 5-гидроксипентановой кислоты) и в) 5-метилгександиол-1,5.

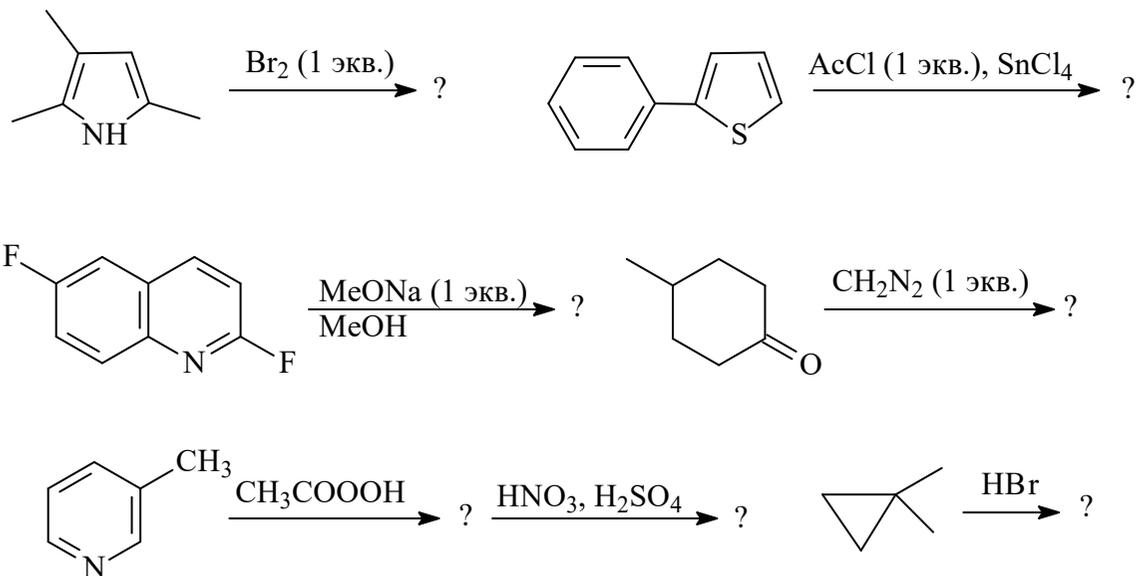
7. а) Из ацетона и малонового эфира, используя любые органические и неорганические реагенты, получите соединения **A**, **B** и **C**:



б) Димедон (**A**) применяется для обнаружения и идентификации карбонильных соединений (по температурам плавления производных). В случае бензальдегида продукт конденсации с димедоном в присутствии основания имеет состав $C_{23}H_{28}O_4$ (**D**). Приведите структуру соединения **D** и схему его образования.

IV контрольная работа

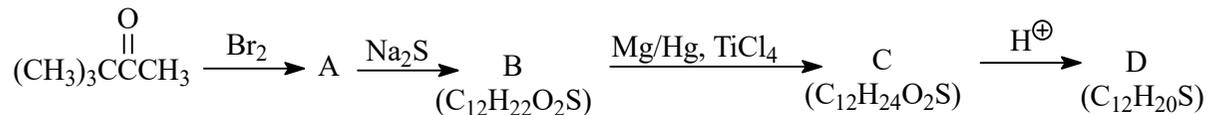
1. Какие продукты образуются в результате каждой из приведенных ниже реакций:



2. Из ацетоуксусного эфира, ацетофенона и других необходимых реагентов получите 2-метил-5-фенилфуран.

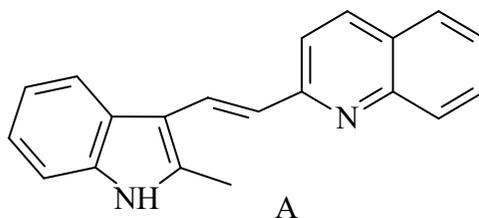
3. Нитрование N-ацетил-2,3-дигидроиндола нитрующей смесью дает продукт состава $C_{10}H_{10}N_2O_3$, имеющий следующий ПМР-спектр (м.д.): 2,5 (3H, с); 3,0 (2H, т, $J=7$ Гц); 3,7 (2H, т, $J=7$ Гц); 6,5 (1H, д, $J=8$ Гц); 7,3 (1H, ушир. с); 7,8 (1H, д, $J=1$ Гц); 7,9 (1H, дд, $J=8$ Гц и $J=1$ Гц). Предложите структуру продукта. Ответ кратко аргументируйте.

4. Расшифруйте цепочку превращений:

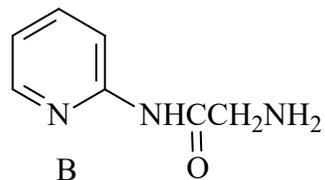


5. Из циклогексанона, метилиодида и других необходимых реагентов получите 1,3-диметилциклогексан (без учета стереохимии). Для *цис*-1,3-диметилциклогексана приведите наиболее устойчивую конформацию. Может ли *цис*-1,3-диметилциклогексан существовать в оптически активной форме?

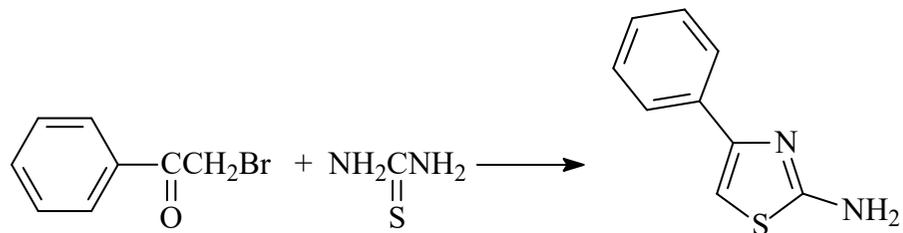
6. Из анилина, ацетальдегида, ацетона, диметилформаида и неорганических реагентов получите соединение А.



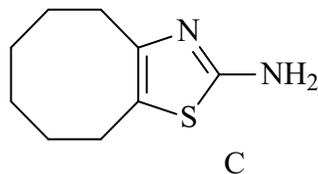
7. Из пиридина, глицина и других необходимых реагентов получите соединение В.



8. Один из методов получения тиазолов основан на взаимодействии α -галогенкетонов с тиомочевинной. Например, 2-амино4-фенилтиазол может быть получен по следующей схеме:



Исходя из диэтилового эфира октандиовой кислоты, тиомочевинны и других необходимых реагентов, синтезируйте соединение С.



Вопросы для подготовки к экзамену (I семестр):

Способы изображения молекул органических соединений (молекулярные, структурные, электронные формулы). Типы углеродного скелета – ациклические, циклические, гетероциклические соединения. Изомерия. Гомология. Основные функциональные группы и классы органических соединений. Теория химического строения Бутлерова.

Основы номенклатуры органических соединений

Заместительная номенклатура органических соединений IUPAC. Основные принципы построения названий органических соединений. Родоначальные структуры, характеристические группы. Названия нефункциональных заместителей и функциональных групп, радикалов. Старшинство функциональных групп.

Основные правила составления заместительных названий органических соединений, выбор и нумерация главной цепи, правило наименьших локантов. Названия основных классов органических соединений, сложных поли- и гетерофункциональных соединений.

Типы связей, промежуточные частицы (катионы, анионы, радикалы, карбены) в органических реакциях. Электронные эффекты. Кислоты и основания.

Углерод. Электронная конфигурация атома углерода в основном и возбужденном состоянии; гибридизация углерода в органических соединениях.

Типы химических связей в органических соединениях. Физические характеристики связей: энергия, длина, полярность, поляризуемость. Гомолитический, гетеролитический разрыв связей. Понятие о промежуточных частицах, строение промежуточных частиц (радикалы, карбокатионы, карбанионы). Кислоты и основания (Бренстед, Льюис). Сопряженные кислоты и основания. Кислотно-основные равновесия (на примере спиртов, альдегидов, кетонов, кислот и аминов). Константа кислотности (pK_a). Влияние заместителей на кислотность и основность органических соединений.

Природа индуктивного эффекта. Классификация основных заместителей по знаку и относительной величине (сильный, слабый) индуктивного эффекта. Природа резонансного (мезомерного) эффекта. Распределение электронной плотности в органических молекулах (диполи и дипольные моменты). Способы обозначения индуктивного (+I и -I) и резонансного эффекта (+M и -M - резонансные структуры). Правила написания резонансных структур. Примеры групп с +M и -M-эффектами. Анализ влияния заместителей (сочетание индуктивного и резонансного эффектов, только индуктивные заместители, примеры заместителей с противоположными эффектами) на типичные свойства (стабильность катионов, анионов, кислотность и основность) органических соединений.

Стереохимия органических соединений.

Пространственное изображение тетраэдрического атома углерода. Клиновидные проекции, перспективные модели («лесопильные козлы»), проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заслоненная, заторможенная, скошенная конформации.

Молекулы, не имеющие элементов симметрии. Асимметрические центры. Энантиомеры. Рацематы. Рацемизация. Хиральность. Различия в свойствах энантиомеров. Измерение угла оптического вращения.

Формулы Фишера. Правила обращения с формулами Фишера. Абсолютная конфигурация. R/S-номенклатура Кана-Ингольда-Прелога. Определение порядка старшинства заместителей у асимметрического атома углерода. Случай нескольких асимметрических атомов. Диастереомерные и энантиомерные пары на примере винных кислот. Мезо-формы.

Алканы. Строение, гомология, природа С–С и С–Н связей (длина и энергия), изомерия, геометрия молекулы. Вращение вокруг С–С связей. Понятие о конформациях на примере конформаций этана и бутана. Величина энергетического барьера вращения вокруг С–С связи, в зависимости от пространственных факторов заместителей. Конформации *гош*-, *анти*-, заслоненные. Энергетические диаграммы.

Химические свойства алканов. Гомо- и гетеролитический разрыв связи. Хлорирование метана. Механизм цепной радикальной реакции. Доказательство цепного механизма галогенирования алканов (ингибиторы и промоторы радикальных реакций). Относительные скорости хлорирования С–Н связей различного типа (первичных, вторичных, третичных). Строение алкильных радикалов, их стабильность. Гиперконъюгация. Селективность хлорирования и бромирования алканов. Избирательность реакции и температура. Другие радикальные реакции алканов. Сульфохлорирование. Нитрование по Коновалову. Крекинг термический и каталитический. Окисление, горение. Распространение алканов в природе и их источники. Применение алканов.

Методы получения алканов (использование металлорганических соединений, гидрирование непредельных соединений, метод Фишера-Тропша, электролиз солей карбоновых кислот, восстановление карбонильных соединений и другие методы). Современный метод синтеза углеводородов сложного строения с использованием литийдиалкилкупратов (простейший пример реакции кросс-сочетания)

. Относительный ряд стабильности алкильных радикалов.

Алкены. Электронное строение двойной связи С=С. Энергия π- и σ-связи в этилене. Геометрическая изомерия. (*цис-транс*- и *Z/E*- номенклатура). Зависимость стабильности алкенов от степени замещения двойной связи (оценка относительной стабильности на основании теплот гидрирования).

Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов. Гетерогенные катализаторы на основе соединений металлов платиновой группы, комплекс Уилкинсона, никель Ренея. Стереохимия гидрирования. Понятие о электрофильных и нуклеофильных реагентах. Электрофильное присоединение к алкенам. Общее представление о механизме реакций, π- и σ-комплексы, ониевые ионы, скорость определяющая стадия. Стереоселективность процесса. Ad_E2 механизм.

Присоединение хлора и брома к алкенам. Механизм, стереохимия, влияние заместителей на стереохимию присоединения (на примере 1-фенилпропена). Связь стереохимии присоединения с возможностью существования мостиковых ионов. Присоединение брома к *цис*- и *транс*-бутенам-2.

Гидрогалогенирование. Региоселективность электрофильного присоединения к алкенам. Правило Марковникова. Стабильность интермедиата (карбокатиона). Влияние заместителей при С=С связи на скорость присоединения. Важнейшие примеры: присоединение галогеноводородов к стирулу, виниловым эфирам и винилхлориду. Исключения из формального правила Марковникова: присоединение к электронодефицитным алкенам; присоединение боранов; радикальное присоединение. Современное объяснение правила Марковникова. Стабильность карбокатионов.

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

Кислотно-катализируемая гидратация алкенов. Условия и ограничения. Альтернативный не прямой метод гидратации – гидроксимеркурирование. Алкоксимеркурирование.

Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора (боранов). Региоспецифические гидроборирующие агенты. Превращение борорганических соединений в алканы (механизм), спирты (механизм), алкилгалогениды.

Гидрирование алкенов и алкинов. Гидроборирование алкенов. Механизм и стереохимия. Селективные гидроборирующие агенты. Синтез алканов, спиртов, алкилгалогенидов с помощью бороорганических соединений. Гидроборирование алкинов (получение алкенов и карбонильных соединений) и превращение алкенилборанов в алкены и карбонильные соединения.

Озонолиз алкенов. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов.

Окисление алкенов до диолов (гидроксилирование) по Вагнеру, Криге (тетраоксид осмия, представление о каталитическом варианте реакции). Гидроксилирование через гидролиз эпоксидов по Прилежаеву. Стереохимия гидроксилирования алкенов. Доказательства отдельных стадий *син*- и *анти*-гидроксилирования промежуточные продукты при *син*- и *анти*-гидроксилировании. *син*-Гидроксилирование алкенов до диолов. Реагенты гидроксилирования. Механизм *син*-гидроксилирования. Эпоксидование алкенов перекислотами. Кислотный и основной катализ гидролиза эпоксидов (оксиранов). Озонолиз алкенов. Механизм озонолиза. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов в органическом синтезе.

Свободнорадикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу, инициаторы реакции, механизм. Аллильное галогенирование: получение хлористого аллила из пропилена в газовой фазе, аллильное бромирование по Волю-Циглеру.

Карбены. Методы генерирования. Понятие о синглетных и триплетных карбенах, стереохимия присоединения к алкенам. Карбеноиды.

Синтез алкенов: реакции элиминирования (спирты, галогеналканы, четвертичные аммониевые основания, региоселективность, правила Зайцева и Гофмана), стереоселективное гидрирование алкинов, реакция Виттига-Хорнера.

Синтез илидов фосфора на основе трифенилфосфина. Реакция Виттига. Использование реакции Виттига для получения непредельных органических соединений, содержащих различные функциональные группы (алкенов, простых эфиров, сложных эфиров, диенов, аллиловых спиртов, α,β -непредельных карбонильных соединений).

Алкины. Электронная природа тройной углерод-углеродной связи. Строение ацетилена. Методы синтеза алкинов (использование реакций элиминирования, ацетиленидов металлов, реакции, катализируемые переходными металлами, миграция тройной связи, реакция Фаворского-Реппе). Стереоселективное гидрирование алкинов. С-Н-кислотность алкинов. Ацетилениды натрия, лития, получение и использование в органическом синтезе. Радикальные реакции алкинов (окислительное сдвигание терминальных алкинов). Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов. Гидратация алкинов (реакция Кучерова). Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Гидроалюминирование алкинов с ДИБАЛ-Н. Превращение бороорганических производных в алкены, карбонильные соединения. Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. Симметричное и несимметричное сочетание алкинов в присутствии солей меди. Нуклеофильное присоединение к алкинам. Синтез виниловых эфиров.

Алкадиены. Методы получения диенов (в промышленности и в лаборатории, использование реакций, катализируемых переходными металлами и их комплексами). Диены: а) сопряжённые, б) аллены, в) несопряжённые. Сопряжение. *s-цис*- и *s-транс*- конфор-

мации. 1,2- и 1,4-присоединение к сопряженным диенам. Реакция Дильса-Альдера как метод образования С-С связей и синтеза шестичленных циклов. Диены и диенофилы. Необходимая конформация нециклического диена. Механизм реакции. Реакция с циклическими диенами (циклопентадиеном, циклогексадиеном). Экзо- и эндо-аддукты. Реакция Дильса-Альдера. Область применения и стереохимия реакции. Синтез бициклических и полициклических соединений с помощью реакций Дильса-Альдера.

Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Природа нуклеофила. Нуклеофильность и основность. Факторы, определяющие реакционную способность нуклеофильного реагента. Поляризуемость и сольватация нуклеофила. Конкуренция S_N и E реакций. Межфазный катализ. Классификация органических растворителей. Влияние природы растворителя на протекание реакций нуклеофильного замещения и природы уходящей группы. Оценка нуклеофугности группы.

Содействие соседних групп. Важнейшие примеры синтетического использования реакций нуклеофильного замещения. Методы синтеза алкилгалогенидов из алканов, алкенов, алкинов, алкилгалогенидов (реакция Финкельштейна), различных типов карбонильных соединений. Реакции нуклеофильного замещения S_N2 -типа, примеры реакций (получение аминов, нитрилов, эфиров карбоновых кислот, простых эфиров, тиоэфиров, алкилгалогенидов, нитросоединений и других классов органических соединений). Кинетика и стереохимия S_N2 -реакций. Влияние строения радикала и уходящей группы исходного субстрата на скорость реакции. Понятие о нуклеофильности реагента и факторы, определяющие реакционную способность нуклеофильного реагента, роль растворителя. Межфазный катализ в S_N2 -процессах.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах, как метод создания связи углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-сера, углерод-фосфор (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.). Типы нуклеофилов (анионы, нейтральные молекулы, растворители). Уходящие группы. Классификация по механизму: S_N1 и S_N2 . Вид энергетического профиля реакции. Стереохимия реакций. Вальденовское обращение. Влияние пространственных факторов на скорость реакций. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов. Методы генерирования карбокатионов. Понятие о ионных парах.

Винил-, фенил-, аллил- и бензил-галогениды и α -галогенкарбонильные соединения. в условиях реакций нуклеофильного замещения.

Реакции элиминирования. Примеры α -, β - и γ -элиминирования. Конкуренция с реакциями нуклеофильного замещения. Механизмы элиминирования (E1, E2). Основные закономерности протекания этих реакций (кинетическое уравнение, региоселективность, правила Гофмана и Зайцева, стереоселективность, использование в синтезе. Использование реакций элиминирования для синтеза алкенов, диенов и алкинов. Использование реакций E2 элиминирования для получения алкенов определенной геометрии.

Металлоорганические соединения на примере литий- и магнийорганических производных. Литийдиалкилкупраты и их использование в органическом синтезе. Реакции реактивов Гриньяра с соединениями, имеющими подвижный водород, с окислителями (неметаллами и солями переходных металлов), с галогенидами Zn, Hg, Si, P (как общий метод получения элементоорганических соединений). Реакции реактива Гриньяра с карбонильными соединениями, сложными эфирами, амидами, хлорангидридами карбоновых кислот, нитрилами, диоксидом углерода, окисью этилена.

Литийорганические соединения. Получение из алкил- и арилгалогенидов.

Купраты. Особенности их реакционной способности по сравнению с алкиллитиевыми производными. Взаимодействие литийдиалкилкупратов с алкил, винил и арилгалогенидами, как простейший пример реакций кросс-сочетания. 1,4-Присоединение купратов к α,β -непредельным карбонильным соединениям и эфирам α,β -непредельных карбоновых кислот. Синтез кетонов из хлорангидридов с использованием купратов разнообразного строения.

Спирты, простые эфиры, оксираны, тиолы. Способы синтеза одноатомных спиртов (из алкенов, алкилгалогенидов, с использованием реактивов Гриньяра, восстановлением карбонильных соединений, карбоновых кислот и их производных, а также оксиранов). Промышленные способы синтеза метанола, этанола.

Спирты, как слабые О-Н кислоты и как основания Льюиса. Методы создания хорошей уходящей группы. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген. Реакция спиртов с галогенидами фосфора и хлористым тиоилом. Нуклеофильное замещение с участием оптически активных вторичных спиртов. Механизм и стереохимия замещения. Реагенты регио- и стереоспецифического замещения (комплексы трифенилфосфина с галогенами и четыреххлористым углеродом). Дегидратация спиртов. Защита гидроксильной группы в спиртах. Окисление спиртов. Важнейшие методы и реагенты, применяемые для окисления спиртов в альдегиды и карбоновые кислоты на основе реагентов окисления Cr(VI).

Диолы. Типы диолов. Методы синтеза диолов: гидроксирование алкенов, использование реакции Фаворского-Реппе, восстановление α,ω -дикарбоновых кислот или их эфиров, восстановительная (пинаконовая) димеризация кетонов. Особенности химических свойств вицинальных диолов (с соседними гидроксильными группами). Пинакон-пинаколиновая перегруппировка, дегидратация до диенов, окислительное расщепление 1,2-диолов периодатами или тетраацетатом свинца.

Простые эфиры. Синтез из спиртов, алкенов и алкилгалогенидов. Реакция Вильямсона. Эфиры как основания Льюиса. Свойства: расщепление кислотами, образование перекисей. Краун-эфиры и их применение. Кислотное расщепление простых эфиров. Комплексы простых эфиров с кислотами Льюиса.

Оксираны. Методы получения (эпоксилирование алкенов, циклизация галогенгидринов). Реакции раскрытия эпоксидов: раскрытие цикла в них под действием электрофильных и нуклеофильных агентов.

Альдегиды и кетоны. Методы получения альдегидов и кетонов: окисление спиртов, озонлиз алкенов, использование реакций гидроборирования, магнийорганических соединений, купратов, окислительное расщепление диолов, пинаколиновая перегруппировка, восстановление карбоновых кислот и их производных, пиролиз солей карбоновых кислот, гидролиз *гем*-дигалогенидов, реакция Кучерова, Вакер-процесс. Синтез карбонильных соединений с помощью реакций конденсации, с использованием ацетоуксусного эфира (кетонное расщепление ацетоуксусных фрагментов). Особые способы синтеза ароматических карбонильных соединений (электрофильное формилирование и ацилирование ароматических соединений, окисление метильных групп, связанных с ароматическим кольцом).

Строение альдегидов и кетонов. Физические свойства альдегидов, сравнение со спиртами. Сравнение энергий ординарных и двойных связей С-С и С-О.

Присоединение нуклеофилов к карбонильной группе. Обратимость реакции, механизм. Различие в реакционной способности между альдегидами и кетонами. Электронные и пространственные эффекты заместителей и их влияние на реакционную способность карбонильной группы. Примеры реакций (гидратация, присоединение спиртов, гидросульфита натрия, цианистого водорода, ацети-

ленов). Кислотный и основной катализ при присоединении воды и спиртов. Гидратные формы карбонильных соединений. Примеры стабильных и нестабильных 1,1-диолов и полуацеталей. Кетали (ацетали) – образование, разложение. Присоединение азотистых нуклеофилов. Имины и енамины, их использование в органическом синтезе. Оксимы, гидразоны.

1,3-Дитианы. Синтез, СН-кислотность. Обращение полярности карбонильного атома углерода. Использование анионов дитианов в синтезе.

Перегруппировка Бекмана. Механизм. Применение в промышленности.

Синтез илидов фосфора из фосфинов. Реакция Виттига.

Реакция карбонильных соединений с магнием- и литийорганическими соединениями.

Восстановление карбонильных соединений, особенности использования боргидрида натрия и алюмогидрида лития. Превращение C=O группы в CH₂. Восстановление по Кижнеру-Вольфу, по Клемменсену, через дитианы.

Окислительно-восстановительная реакция неенолизуемых альдегидов в щелочной среде (реакция Канниццаро). Прямая, перекрестная и внутримолекулярная реакция Канниццаро). Использование в органическом синтезе.

Окисление карбонильных соединений. Методы окисления альдегидов (использование хроматов, перманганата калия, солей серебра). Окисление кетонов перекислотами по Байеру-Виллигеру. Синтез гидроксикислот с различным удалением гидроксильных и карбоксильных групп.

Защита C=O группы и примеры применения в синтезе.

Влияние C=O на кислотность α-C-H связей в карбонильных соединениях (КС). Сравнение кислотности КС и спиртов. Кетоенольная таутомерия кетонов, дикетонов и кетозэфиров. Енолизация, катализируемая кислотами и основаниями.

Реакции, протекающие через образование енольной формы. Дейтерообмен, галогенирование и рацемизация карбонильных соединений. Кинетическое уравнение. Направление енолизации несимметричных кетонов. Галоформная реакция.

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

Енамины и их использование в синтезе.

Реакции Манниха, Кневенагеля. Реакция Перкина. Нитрозирование. Бензоиновая конденсация как пример обращения полярности карбонильной группы.

α,β-Непредельные альдегиды и кетоны. Способы синтеза. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения на примере аминов, цианистого водорода, металлорганических соединений, купратов). Аннелирование по Робинсону. Сопряженное присоединение енолятов и енаминов. Доноры и акцепторы Михаэля.

7. Карбоновые кислоты и их производные. Синтез карбоновых кислот. Окисление спиртов, карбонильных соединений, непредельных и алкилароматических соединений. Гидролиз нитрилов и других производных, использование металлорганических соединений, синтеза с малоновым и ацетоуксусным эфиром, галоформная реакция, промышленные способы синтеза важнейших кислот.

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

Производные карбоновых кислот.

Галогенангидриды. Синтез хлорангидридов из кислот. Механизм нуклеофильного замещения при sp^2 -углеродном атоме в $C=O$ группе. Взаимодействие с нуклеофильными реагентами, восстановление, реакции с металлоорганическими соединениями. Метод удлинения углеродной цепи по Арндту-Эйстерту. Диазометан как нуклеофил (реакция Арндта-Эйстерта); перегруппировка Вольфа. Синтез ацилазидов. Перегруппировка Курциуса.

Ангидриды карбоновых кислот и кетены. Их использование в качестве ацилирующих реагентов. Получение несимметричных ангидридов. Муравьиноксусный ангидрид, как формирующий реагент. Ряд ацилирующих реагентов, по убыванию электрофильности. Реакция Перкина.

Сложные эфиры. Синтез и свойства. Получение из карбоновых кислот (алкилирование карбоксилат-ионов, реакция этерификации по Кляйзену (механизм), взаимодействие с диазометаном), из галогенангидридов и ангидридов. Равновесные и не равновесные методы получения сложных эфиров. Внутримолекулярные сложные эфиры – лактоны (методы получения и их использование в органическом синтезе). Реакция переэтерификации. Гидролиз сложных эфиров, взаимодействие с аминами и металлоорганическими соединениями.

Сложноэфирная конденсация. Конденсация двух различных сложных эфиров. Направленная сложноэфирная конденсация. Конденсация сложного эфира и кетона. Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Область применения и механизм реакции. Перекрестная конденсация сложных эфиров с эфиром щавелевой кислоты или эфирами ароматических кислот. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов.

Свойства ацетоуксусного эфира (АУЭ). Таутомерия. Влияние растворителей на положение равновесия. Синтезы с использованием АУЭ. Кетонное и кислотное расщепление. Примеры *C*- и *O*-алкилирования и ацилирования енолята АУЭ. Дианион АУЭ и его отдельное алкилирование. Синтезы с использованием малонового эфира.

Синтез амидов карбоновых кислот. Свойства (гидролиз, дегидратация, восстановление). Секстетные перегруппировки – Гофмана, Курциуса.

Непредельные кислоты. Синтез – реакции Кнёвенагеля, Виттига, Перкина, из β -оксикислот. Окисление продуктов кротоновой конденсации. Особенности свойств в зависимости от положения $C=C$ связи. (присоединение HBr , нуклеофилов).

Двухосновные кислоты. Синтез важнейших дикарбоновых кислот. Особенности химических свойств и использование в синтезе (диэтилоксалат, малоновый эфир, *N*-бромсукцинимид). Внутримолекулярная конденсация сложных эфиров двухосновных кислот по Дикману. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот как метод синтеза средних и макроциклов. Фталевая и терефталевая кислоты, получение в промышленности. Фталимид и его использование в синтезе. Фумаровая и малеиновая кислоты, их эфиры и использование в синтезе.

Оксикислоты. Методы синтеза α -оксикислот, известные из предыдущих разделов программы (гидролиз α -галогенкарбоновых кислот, циангидринный синтез). Понятие о β - и γ -оксикислотах. Синтез, особенности химических свойств. Реакция Реформатского с α -галогензамещенными сложными эфирами. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -енонам (реакция Михаэля).

Оксокислоты. Методы получения и свойства.

Нитрилы. Методы получения: дегидратация амидов кислот, использование межфазного катализа. Свойства: гидролиз, восстановление комплексными гидридами металлов до аминов и альдегидов, взаимодействие с магнием- и литийорганическими соединениями.

Вопросы для подготовки к экзамену (II семестр):

Промышленные методы получения ароматических углеводородов: каталитический риформинг нефти и выделение аренов из продуктов коксования каменного угля. Лабораторные методы получения: реакция Вюрца-Фиттига, кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов. Восстановление жирноароматических кетонов по Клемменсену и Кижнеру-Вольфу. Алкилирование и ацилирование бензола и других аренов по Фриделю-Крафтсу. Концепция ароматичности на примере строения бензола. Формула Кекуле. Правило Хюккеля для моноциклических аннуленов. Конденсированные ароматические углеводороды. Признаки и критерии ароматичности (термодинамический, квантово-механический, структурный и магнитный). Понятие об антиароматичности. Ароматические катионы и анионы C3-C9 и методы генерирования этих ионов. Пяти- и шестичленные гетероциклические соединения, их бензопроизводные. Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения. Изотопный обмен водорода как простейшая реакция электрофильного замещения. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Факторы парциальных скоростей.

Электрофильное замещение в замещенных бензолах. Согласованная и несогласованная ориентация. Нитрование ароматических соединений: бензола, замещенных бензолов, бифенила и нафталина. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Понятие об *ипсо*-атаке и *ипсо*-замещении в реакции нитрования. Сульфирование ароматических соединений. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакциях сульфирования фенола и нафталина. Галогенирование (хлорирование и бромирование): бензола, замещенных производных бензола, конденсированных аренов и бифенила. Окислительное иодирование аренов. Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Побочные процессы при алкилировании бензола по Фриделю-Крафтсу (полиалкилирование и изомеризация). Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в *o*- и *p*-положения. Восстановление ацильных производных бензола как путь к синтезу длинноцепочечных алкилбензолов. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакции и применений в органическом синтезе. Каталитическое гидрирование аренов как путь к синтезу замещенных циклогексанов. Восстановление бензола, нафталина и их производных по Бёрчу. Окисление алкилбензолов и конденсированных аренов. Свободно-радикальное галогенирование алкилбензолов.

Спектр доказанных механизмов нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Бимолекулярный механизм присоединения-отщепления на примере активированных субстратов. Примеры S_{NAF} реакций и активирующее влияние электроноакцепторных за-

местителей. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_{NAr} реакций в органическом синтезе. Механизм S_{RN1} в ароматическом ряду и область его применения. Инициирование ион-радикальной цепи. Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Строение дегидробензола и методы генерации.

Амины. Классификация аминов. Амины как основания и нуклеофилы. Методы получения: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, нитрилов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Восстановительное аминирование карбонильных соединений. Реакция Риттера как метод синтеза первичных аминов с третичным углеродным радикалом. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние заместителей в ароматическом ядре на основность аминов. Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману и N-окисей третичных аминов по Коупу. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование, формилирование. Защита аминогруппы. Алифатические и ароматические нитросоединения. Получение. Свойства. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо-, гидразосоединения). Бензидиновая перегруппировка. Селективное восстановление нитрогруппы в *m*-динитробензоле как подход к синтезу 1,3-дизамещенных бензолов. Диазометан. Строение. Реакции с фенолами, кислотами, галогенангидридами, кетонами. Каталитические реакции с алкенами (механизм и стереохимия). Диазоуксусный эфир. Синтез и использование в органическом синтезе.

Ароматические diazosоединения. Условия и механизм diaзотирования первичных ароматических аминов в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей diaзония. Реакции ароматических diazosоединений с выделением азота (замена diaзогруппы на гидроксил-, галоген-, циано-, нитрогруппу и водород). Реакции diazosоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Образование линейных и циклических триазенов. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и diazosоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители и индикаторы.

Фенолы и хиноны. Методы получения фенолов из аренсульфокислот, арилгалогенидов, ионов арендиязония, окисление формильных производных аренов по Байеру-Виллигеру с последующим гидролизом. Получение фенола в промышленности из кумола (изопропилбензола). Фенолы как O-H кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Фенолят-анион как нуклеофил. Получение простых и сложных эфиров фенолов. Расщепление простых эфиров фенолов концентрированной иодистоводородной кислотой. Окисление фенолов. Многоатомные фенолы (пирокатехин, резорцин, гидрохинон). Окисление фенолов. Хиноны. Синтез 1,4-бензохинона, 1,4-нафтохинона. Использование хинонов в качестве окислителей (хлоранил, и DDQ), ненасыщенных кетонов, диенофилов в реакции Дильса-Альдера. Ароксильные радикалы. Использование фенолов в качестве антиоксидантов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование, алкилирование, ацилирование, формилирование. Фенолфталеин. Карбоксилирование щелочных солей фенолов по Кольбе. Реакция Реймера-Тимана для фенолов. Перегруппировка Кляйзена.

Алициклические углеводороды. Классификация алициклов. Энергия напряжения, типы напряжения в циклоалканах. Малые циклы -циклопропан и циклобутан, методы синтеза и строение, Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом.

Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана (обычные циклы). Конформации циклогексана, моно- и дизамещенных циклогексанов и их взаимные переходы. Влияние конформационного положения функциональных групп на реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления, окисления (связь структура-свойства). Алициклы со средним размером кольца (C₇-C₁₂). Специальные методы синтеза соединений со средним размером цикла и макроциклов. Ацилоиновая конденсация как универсальный метод синтеза алициклов, начиная с циклобутана (силильный вариант).

Ароматические гетероциклические соединения. Электроноизбыточные пятичленные ароматические соединения на примере пиррола, фурана и тиофена. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр). Ориентация электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование и др. Конденсированные пятичленные гетероциклические соединения на примере индола. Синтез производных индола из арилгидразина и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения для индола и его производных. Индиго. Шестичленные гетероциклические соединения на примере пиридина. Ароматический характер пиридина, сравнение с пирролом и бензолом. Пиридин как основание. Реакции с галоидными алкилами. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-Окись пиридина, получение, нитрование и использование продукта нитрования в синтезе C₄-замещенных пиридинов. Конденсированные шестичленные гетероциклические соединения: хинолин и изохинолин. Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилина по Краупу и Дебнеру-Миллеру. Пиридин и хинолин как основания. Реакции пиридина и хинолина с алкилгалогенидами. Реакции электрофильного замещения в хинолине и пиридине: нитрование, сульфирование и галогенирование. Нуклеофильное замещение атомов водорода и атомов галогенов в хинолине и пиридине. Реакции с амидом натрия и литийорганическими соединениями.

Аминокислоты. Классификация и специфические свойства аминокислот различного строения. Заменяемые и незаменимые α-аминокислоты. Кислотно-основные свойства. Амфотерность, изоэлектрическая точка, подтверждение цвиттер-ионного строения, электрофорез. Химические свойства α-аминокислот (свойства карбоксильной и амино-групп, хелаты, бетаины, поведение при нагревании, синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу). Синтез из галогенкарбоновых кислот (аммонолиз и фталимидный метод синтеза с участием их солей или сложных эфиров), синтез Штреккера. Получение α-аминокислот в оптически активной форме: энантиоселективный синтез аминокислот с использованием хиральных катализаторов и ферментативное разделение рацемических α-аминокислот и α-аминонитрилов. Пептидный синтез. Получение пептидов со строго определенной последовательностью аминокислот. Защитные группы в пептидном синтезе. Классический пептидный синтез. Использование дициклогексилкарбодиимида (ДЦК) в качестве конденсирующего средства. Твердофазный пептидный синтез (метод Меррифилда). Определение N- и C-концевых аминокислот. Белки. Строение и пространственная организация.

Углеводы. D- и L-ряды углеводов? Классификация углеводов: а) по количеству атомов C; б) по наличию C=O или CHO групп; в) по количеству циклических фрагментов. Синтез углеводов из D-глицеринового альдегида по методу Килиани-Фишера. Строение глюкозы. Открытая и циклическая формулы глюкозы и рибозы. Формулы Хеурса. Пиранозы и фуранозы. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта. Получение озазонов. Дегградация по Волю и Руффу. D-фруктоза как представитель кетоз. Открытая и циклическая формулы. Реакция серебряного зеркала для фруктозы. Дисахариды (сахароза, трегалоза, лактоза). Восстанавливающие и невосстанавливающие моно- и дисахариды.

Современные методы идентификации органических соединений (основные понятия и возможности). Инфракрасная спектроскопия (ИК). Электронная спектроскопия (УФ). Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{31}P). Масс-спектрометрия. Принципы установления строения органических веществ по данным УФ, ИК, ПМР и масс-спектрометрии. Рентгеноструктурный анализ.

Курсовая работа (примеры тем)

1. Синтез 3,3,5-триметил-7,7-дифенил-4,5-диокса-13-аза-5-алюмобицикло[7.3.1]тридека-1(13),9,11-триена
2. Синтез пиридин-2,6-дикарбальдегида
3. Синтез 3,7-диадамантил-5-метил-4,6-диокса-13-аза-5-алюмобицикло[7.3.1]тридека-1(13),9,11-триена
4. Синтез 3-карэтокси-5-нитро-4-этилизоксазола
5. Синтез циклогексадиена-1,3
6. Синтез этиловых эфиров 3-(2-тиенил)- и 3-фенил-2-(тиофенил-2-карбонил)акриловой кислот и изучение их в реакции Кори-Чайковского
7. Синтез производных 2-тиогидантоина и проверка комплексов этих соединений с Cu(II) на нуклеазную активность
8. Синтез триэтилового эфира фосфоноксусной кислоты

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: место органической химии в ряду других химических и естественнонаучных дисциплин;</p> <p>Знать: основные классы органических соединений, методы их синтеза, свойства, пространственное и электронное строение;</p> <p>Знать: основные типы органических реакций и механизмы их протекания;</p> <p>Знать: основные закономерности, связывающие строение и свойства органических соединений;</p> <p>Знать: основные методы исследования структуры и свойств органических соединений;</p> <p>Знать: роль основных классов органических соединений в живой природе, пути их возникновения, функции и трансформации;</p> <p>Знать: основные области применения органических соединений в промышленности, сельском хозяйстве, быту, медицине и других областях</p> <p>Знать: основные методы определения состава и структуры органических соединений</p> <p>Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории</p> <p>Знать: требования к оформлению и представлению результатов работ по органической химии</p> <p>Знать: основные базы данных химического профиля</p> <p>Знать: требования к оформлению и представлению результатов работ в области органической химии</p> <p>Знать: требования к представлению материала в виде презентации научного доклада</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене, защита курсовой работы</p>
<p>Уметь: находить необходимые для работы сведения в открытых источниках информации</p> <p>Уметь: сопоставлять информацию из разных источников, оценивать ее достоверность</p> <p>Уметь: формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных</p> <p>Уметь: выбирать коммуникативно приемлемый стиль делового общения, использовать необходимые языковые средства, тактики и стратегии для решения коммуникативных задач в академической и профессиональной сферах</p> <p>Уметь: работать с учебными и научными текстами разного уровня сложности, отвечающих задачам профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: создавать и понимать устные и письменные тексты разных жанров (в т.ч., официально-деловые тексты); критически оценивать достоинства и недостатки чужой и собственной речи с учетом социокультурного контекста</p> <p>Уметь: пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене, защита курсовой работы</p>

<p>Уметь: формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе органической химии</p> <p>Уметь: работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p> <p>Уметь: осуществлять в лабораторных условиях несложные синтезы органических соединений</p> <p>Уметь: идентифицировать состав и структуру органических соединений с использованием современных инструментальных методов</p> <p>Уметь: корректно составлять поисковый запрос информации химического содержания</p> <p>Уметь: представлять результаты своей научной работы в письменном виде согласно требованиям к курсовым работам в соответствующей области химии</p> <p>Уметь: формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных и собственных экспериментальных данных в области органической химии</p>	
<p>Владеть навыками поиска и критического анализа информации по теме научного проекта</p> <p>Владеть: навыками обмена профессиональной информацией с учетом основных требований информационной безопасности</p> <p>Владеть: основными приемами работы с органическими веществами:</p> <ul style="list-style-type: none"> - очистка органических соединений методом перекристаллизации, перегонки всех видов (под вакуумом, с паром, микроперегонка), возгонки, хроматографии; - работа в инертной атмосфере; - работа с полумикроколичествами вещества (на уровне 100 -200 мг) <p>Владеть: стандартными инструментальными методами исследования органических веществ и материалов</p> <p>Владеть: навыками оформления протоколов синтеза органических веществ</p> <p>Владеть: стандартными инструментальными методами исследования состава структуры и свойств органических соединений</p> <p>Владеть: навыками работы с профессиональными базами данных химического профиля</p> <p>Владеть: навыками оформления протоколов органического синтеза</p> <p>Владеть: навыками подготовки презентаций с результатами своей научной работы на русском языке</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, защита курсовой работы, устный опрос на экзамене</p>

