

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Органическая химия**

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки (специальность):
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) ОПОП:
Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения, Коллоидная химия, Лазерная химия, Медицинская химия и тонкий органический синтез, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Неорганическая химия, Нефтехимия, Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Фундаментальная и прикладная энзимология, Химия молекулярных и ионных систем, Химическая кинетика, Химия высоких энергий, Химия и технология веществ и материалов, Химия твердого тела, Электрохимия

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля): **Органическая химия.**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, блок ХД, модуль «Органическая химия».
5. 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.

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1. Способность формулировать научно обоснованные гипотезы, создавать теоретические модели явлений и процессов, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности	<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>Владеть навыками поиска и критического анализа информации по теме научного проекта</p>
УК-4. Способность осуществлять письменную и устную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации в академической и профессиональной сферах на основе современных коммуникативных технологий	<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>
УК-14.С Способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии в академической и профессиональной сферах	<p>Уметь: использовать программные средства удаленного коллективного доступа для решения задач научной деятельности</p> <p>Уметь: пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)</p> <p>Владеть: навыками обмена профессиональной информацией с учетом основных требований информационной безопасности</p>

<p>ОПК-1. Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</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 закономерности, связывающие строение и свойства органических соединений; 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 Уметь: формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе органической химии</p>
<p>ОПК-2. Способность проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ</p>	<p>Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории Уметь: работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности Уметь: осуществлять в лабораторных условиях несложные синтезы органических соединений Владеть: основными приемами работы с органическими веществами: <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) Владеть: стандартными инструментальными методами исследования органических веществ и материалов</p>
<p>ОПК-3. Способность использовать методы регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании</p>	<p>Знать: основные методы определения состава и структуры органических соединений Уметь: идентифицировать состав и структуру органических соедине-</p>

	ний с использованием современных инструментальных методов
ОПК-7. Способность собирать, анализировать, обрабатывать и представлять информацию с использованием современных компьютерных технологий, общих и профессиональных баз данных	Знать: основные базы данных химического профиля Уметь: корректно составлять поисковый запрос информации химического содержания Владеть: навыками работы с профессиональными базами данных химического профиля
ОПК-9. Способность представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	Знать: требования к оформлению и представлению результатов работ в области органической химии Знать: требования к представлению материала в виде презентации научного доклада Уметь: представлять результаты своей научной работы в письменном виде согласно требованиям к курсовым работам в соответствующей области химии Владеть: навыками оформления протоколов органического синтеза Владеть: навыками подготовки презентаций с результатами своей научной работы на русском языке

6. 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 11 зачетных единиц, всего 396 часов, из которых 218 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (126 часов - занятия лекционного типа, 72 часа - занятия семинарского типа, 8 часов – групповые консультации, 12 часов - мероприятия промежуточной аттестации), 178 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

7. 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).

8. 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	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов, л.	Всего
Вводный раздел	14	4	8				12			2
Углеводороды	34	18	8				26			8
Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду	34	18	8				26			8
Ароматические соединения	32	18	8				26			6
Карбонильные соединения	32	18	8				26			6
Карбоновые кислоты	22	14	4				18			4
Нитро-, amino-, diazosоединения	20	8	8				16			4

Фенолы	14	8	4				12			2
Алициклы	12	4	6				10			2
Гетероциклы	16	8	6				14			2
Природные соединения	14	8	4				12			2
Курсовая работа	72					4	4			68
Промежуточная аттестация <u>экза-</u> <u>мен</u>	80			8		8	16			64
Итого	324	126	72	8		12	218	10		178

9. Образовательные технологии:

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

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

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.

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.

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.

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.

11. Ресурсное обеспечение:

- 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]

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. Марч Дж. Органическая химия. М.: Мир. 1987, Т.1, С.381. (booksonchemistry.com)
5. Марч Дж. Органическая химия. М.: Мир. 1987, Т.2, С.504. (booksonchemistry.com)
6. Марч Дж. Органическая химия. М.: Мир. 1987, Т.3, С.459. (booksonchemistry.com)
7. Марч Дж. Органическая химия. М.: Мир. 1987, Т.4, С.468. (booksonchemistry.com)
8. Робертс Дж., Касерио М.. Основы органической химии. М.: Мир, 1978, тт. 1,2. (booksonchemistry.com)
9. Терней А.. Современная органическая химия. М.: Мир, 1981, тт. 1,2. [drive.google]
10. Несмеянов А. Н., Несмеянов Н. А.. Начала органической химии. М.: 1974, тт. 1,2. [drive.google]
11. Органикум, М.: Мир, 2008. ISBN 978-5-03-003805-6.
12. В.А. Смит, А.Д. Дильман. Основы современного органического синтеза. М. ,Бином, 2009. [ru.b-ok.cc]
13. П.Ласло. Логика органического синтеза. Т.1,2. М. «Мир» 1998. [pl.b-ok.cc]
14. 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](http://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.

12. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели: д.х.н. профессор Лукашев Николай Вадимович, кафедра органической химии химического факультета МГУ, nvluk@org.chem.msu.ru Тел. Раб. +7 495 9395319

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение результатов обучения, перечисленных в п.5.

Список вопросов к коллоквиумам по органической химии I семестр:

1. Понятие об оптической активности и хиральности на примере органических соединений с одним асимметрическим атомом углерода. Понятие об энантиомерах и рацематах. R,S-номенклатура. Проекционные формулы Фишера и правила их использования. Соединения с двумя хиральными центрами. Понятие о диастереомерах, мезо-, treo- и эритро-формах.
2. Методы синтеза алканов из алкенов, алкинов, алкилгалогенидов, металлоорганических соединений, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Конформации этана, бутана, проекционные формулы Ньюмена. Химические свойства алканов. Галогенирование алканов. Механизм реакции. Регионаправленность галогенирования разветвленных алканов. Сульфохлорирование алканов. Термический и каталитический крекинг. Относительный ряд стабильности алкильных радикалов.
3. Природа двойной связи в алкенах. Геометрическая изомерия алкенов (цис-, транс- и Z-, E-номенклатура). Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Методы синтеза алкенов из алкилгалогенидов и спиртов. Стереоселективное восстановление алкинов. Реакции Гофмана, Виттига и Хорнера (на примере использования триэтилового эфира фосфонуксусной

- кислоты). Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов, восстановление диимидом. Гидрирование алкенов и алкинов. Гидроборирование алкенов.
4. Механизм и стереохимия. Селективные гидроборирующие агенты. Синтез алканов, спиртов, алкилгалогенидов с помощью боро-органических соединений. Гидроборирование алкинов и превращение алкилборанов в алкены и карбонильные соединения. Электрофильное присоединение к алкенам галогенов, галогенводородов. Механизм реакции. Стереохимия и региоселективность присоединения. Правило Марковникова. Реакции сопряженного присоединения.
 5. Гидратация алкенов. Гидроксимеркурирование алкенов как метод синтеза спиртов (механизм и стереохимия). син-Гидроксилирование алкенов до диолов. Реагенты гидроксилирования. Механизм син-гидроксилирования. Эпоксидирование алкенов перекислотами. Кислотный и основной катализ гидролиза эпоксидов (оксиранов). Озонолиз алкенов. Механизм озонолиза. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов в органическом синтезе.
 6. Радикальные реакции алкенов. Присоединение бромистого водорода, сероводорода и тиолов по кратной связи (механизм). Аллильное галогенирование по Циглеру. Механизм реакции. Гидроборирование алкенов, региоспецифические гидроборирующие агенты и синтез алканов, спиртов и алкилгалогенидов на основе алкилборанов. Карбены - частицы с двухкоординированным углеродом. Методы генерации карбенов и дигалокарбенов. Строение синглетных и триплетных карбенов. Присоединение этих частиц к алкенам. Стереохимия присоединения.
 7. 1,3-Алкадиены. Методы синтеза сопряженных диенов. Крекинг алканов, дегидратация диолов. Кросс-сочетание, как метод синтеза 1,3-диенов. Строение бутадиена-1,3, сопряжение двойных связей. MO -1,3-бутадиена. 1,2 и 1,4-присоединение электрофильных агентов к 1,3-диенам. Аллильное участие, аллил-катион. Понятие о кинетическом и термодинамическом контроле реакций электрофильного присоединения к 1,3-диенам.
 8. Сравнение свойств и строения аллена и 1,3-диенов. Реакция 1,3-диенов с алкенами (реакция Дильса-Альдера). Область применения и стереохимия реакции. Синтез бициклических и полициклических соединений с помощью реакций Дильса-Альдера. Циклоприсоединение алкинов и 1,3-диенов.
 9. Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Галогенирование и гидрогалогенирование алкинов. Механизм и стереохимия реакции. Восстановление алкинов до цис- и транс-алкенов. Гидратация алкинов. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях электрофильного присоединения. SN кислотность алкинов-1. Получение литиевых, натриевых, магниевых и медных производных алкинов-1. Их применение для синтеза высших алкинов.
 10. Конденсация алкинов-1 с альдегидами и кетонами по Фаворскому. Получение пропаргилового спирта и бутин-2-диола-1,4 по Реппе. Ацетилен-алленовая перегруппировка. Смещение тройной связи в концевое положение алкина. Окислительная конденсация терминальных алкинов в присутствии солей меди. Кросс-сочетание ароматических иодпроизводных с ацетилендами меди. (Реакция Соногаширы).
 11. Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (SN1- и SN2-механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизма. Зависимость механизма реакции от структурных факторов в исходном соединении. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность. Роль растворителя в SN1- и SN2-процессах.

12. Реакции нуклеофильного замещения SN2-типа, примеры реакций (получение аминов, нитрилов, эфиров карбоновых кислот, простых эфиров, тиоэфиров, алкилгалогенидов, нитросоединений и других классов органических соединений). Кинетика и стереохимия SN2-реакций. Влияние строения радикала и уходящей группы исходного субстрата на скорость реакции.
13. Понятие о нуклеофильности реагента и факторы, определяющие реакционную способность нуклеофильного реагента, роль растворителя. Межфазный катализ в SN2-процессах. Методы синтеза алкилгалогенидов (алкилхлоридов, бромидов, иодидов и фторидов) из спиртов, алкенов, алканов, самих алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др.
14. Реакции β -элиминирования. Классификация механизмов β -элиминирования. Направление E-2 элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Факторы определяющие направление элиминирования. Стереохимия E-2 элиминирования. Конкуренция E1 и SN1 реакций. Конкуренция E2 и SN2 реакций. Факторы влияющие на эту конкуренцию. Использование E1- и E2-элиминирования в синтетической практике для получения алкенов, алкинов и диенов.
15. Методы синтеза литий- и магнийорганических соединений. Синтез диалкил- и диарилкупратов. Строение реактива Гриньяра. Литий-, магнийорганические соединения и купраты в синтезе алканов, первичных, вторичных и третичных спиртов, кетонов, карбоновых кислот. Синтез дизамещенных алкинов из алкинов-1. Побочные реакции при взаимодействии магнийорганических соединений с карбонильными соединениями.
16. Методы получения одноатомных спиртов из алкенов, алкилгалогенидов, карбонильных соединений, карбоновых кислот, сложных эфиров, оксиранов. Взаимодействие оптически активных вторичных спиртов с хлористым тиоилом. Замещение гидроксильной группы спиртов на галоген под действием галогеноводородов, галогенидов и оксогалогенидов фосфора и серы.
17. Дегидратация спиртов, образование алкенов и простых эфиров. Механизм дегидратации E1 и E2. Окисление первичных и вторичных спиртов. Реагенты окисления, механизм реакции. Дегидратация спиртов как метод получения простых эфиров.
18. Синтез 1,4-диоксана и тетрагидрофурана из диолов. Спирты как OH кислоты. Двухатомные спирты. Методы получения. Свойства вицинальных диолов. Дегидратация до диенов. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка. Окислительное расщепление вицинальных диолов.
19. Простые эфиры. Методы синтеза. Синтез краун-эфиров. Кислотное расщепление простых эфиров. Образование гидроксипероксидов простых эфиров. Комплексы простых эфиров с жесткими и мягкими кислотами Льюиса, оксониевые соли.
20. Оксираны. Методы их получения. Взаимодействие карбонильных соединений с илидами серы. Раскрытие цикла под действием нуклеофильных реагентов. (Механизм реакций, кислотный и основной катализ).
21. Промышленные и лабораторные методы получения ароматических углеводородов. Каталитический риформинг нефтяного сырья и выделение аренов из продуктов коксования каменного угля. Лабораторные методы: реакция Вюрца-Фиттига, тримеризация моно- и дизамещенных алкинов. Восстановление жирноароматических кетонов по Клемменсену
22. Алкилирование бензола и других аренов по Фриделю-Крафтсу. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов, и реакция Хека в синтезе аренов. Строение бензола. Формула Кекуле. Современные представления о строении бензола. Молекулярные орбитали бензола. Аннулены ароматические и неароматические.
23. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля для моноциклических аннуленов. Конденсированные ароматические углеводороды. Признаки и критерии ароматичности (термодинамический, квантовомеханический, структурный и магнитный). Понятие об анти-

- ароматичности. Ароматические катионы и анионы C3-C9 и методы генерирования этих ионов. Концепция ароматичности для заряженных частиц. Пяти- и шестичленные гетероциклические соединения и их бензопроизводные. Относительная шкала ароматичности гетероциклов и относительная термодинамическая стабильность.
24. Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения, кинетический изотопный эффект. Представление о у. и р.комплексах. Изотопный обмен водорода как простейшая реакция электрофильного замещения. Арениониевые ионы в реакциях электрофильного замещения как модель переходного состояния всей реакции. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Факторы парциальных скоростей.
 25. Согласованная и несогласованная ориентация. Нитрование ароматических соединений. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и замещенных бензолов. Нитрование бифенила, нафталина и других аренов. Получение полинитросоединений. Понятие об ипсо-атаке и ипсо-замещении в реакции нитрования.
 26. Сульфирование ароматических соединений. Сульфирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакциях сульфирования на примере сульфирования фенола и нафталина. Превращение сульфогруппы.
 27. Галогенирование (хлорирование и бромирование) бензола и замещенных производных бензола. Галогенирование конденсированных аренов и бифенила. Механизм реакции и природа электрофильного агента галогенирования. Иодирование аренов. Введение фтора в ароматические соединения. Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу.
 28. Алкилирующие агенты, механизм реакции. Полиалкилирование. Реакции изомеризации в процессах алкилирования по Фриделю-Крафтсу. Синтез диарилметанов и триарилметанов. Триарилметановые красители. Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу.
 29. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в о- и п-положения. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакции и применений в органическом синтезе. Каталитическое гидрирование аренов.
 30. Восстановление бензола и его производных по Бёрчу, восстановление по Берчу нафталина. Окисление алкилбензолов и конденсированных аренов. Свободно-радикальное галогенирование алкилбензолов.
 31. Механизм присоединения-отщепления в реакциях ароматического нуклеофильного замещения. Примеры S_NAr реакций и активизирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные у-комплексы Мейзенгеймера и их строение. Использование S_NAr реакций в органическом синтезе. Механизм S_{RN}1 в ароматическом ряду и область его применения. Иницирование ион-радикальной цепи. Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Методы генерации и фиксации дегидробензола. Строение дегидробензола.
 32. Методы синтеза альдегидов и кетонов из алкенов, алкинов, спиртов и производных карбоновых кислот. Пиролиз солей карбоновых кислот. Гидроформилирование алкенов. Промышленное получение уксусного альдегида и формальдегида. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов и тиолов. (Кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы.
 33. 1,3-Дитианы и их применение в синтезе альдегидов и кетонов. Обращение полярности карбонильного углерода. Получение бисульфитных производных, циангидринов (оксинитрилов) и ацетиленовых спиртов.
 34. Взаимодействие карбонильных соединений с первичными и вторичными аминами. Енамины и их использование в синтезе. Оксимы, гидразоны, арилгидразоны.

35. Реакции карбонильных соединений с металлоорганическими реагентами. Кето-енольная таутомерия кетонов. Енолы кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена и рацемизации. Кислотный и основной катализ этих реакций. Енолят-ионы, методы их генерирования. Двойственная реакционная способность енолят-ионов.
36. Принцип ЖМКО. Алкилирование и ацилирование енолят-ионов. Кето-енольная таутомерия 1,3-дикетонов и 1,3-кетозэфиров на примере ацетилацетона и ацетоуксусного эфира. Взаимодействие карбонильных соединений с илидами фосфора (реакция Виттига). Область применения реакции Виттига в органическом синтезе. Механизм реакции. Методы генерации илидов фосфора. Реакция Хорнера на примере использования триэтилового эфира фосфонуксусной кислоты.
37. Восстановление альдегидов, кетонов и α,β -непредельных карбонильных соединений. Альдольная конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной среде. Механизм реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений.
38. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами. Направленная альдольная конденсация с использованием литиевых и кремниевых енолятов. Ограничения в использовании литиевых енолятов альдегидов. Конденсация альдегидов (кетонов) и соединений с "активной метиленовой группой" (конденсация Кневенагеля).
39. Аминометиление альдегидов и кетонов по Манниху. Реакция альдегидов и кетонов с α -галогензамещенными сложными эфирами (реакция Реформатского). Бензоиновая конденсация ароматических альдегидов, область применения и механизм реакции. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -енонам (реакция Михаэля).
40. Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов и алканов. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Восстановительная димеризация кетонов до вицинальных диолов. Реакции гидридного переноса. Восстановление по Меервейну-Понндорфу-Верлею. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (механизм). Перекрестная реакция Канниццаро.
41. Окисление кетонов перекислотами по Байеру-Виллигеру. α,β -Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов, и др. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью.
42. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогенородов. Сопряженное присоединение енолятов (Михаэль).

Список вопросов к коллоквиумам по органической химии II семестр:

43. Получение карбоновых кислот окислением спиртов, альдегидов, алкенов, алкилбензолов. Гидролиз производных карбоновых кислот. Синтез на основе металлоорганических соединений. Синтезы на основе малонового эфира. Промышленное получение муравьиной и уксусной кислот.
44. Галогенирование карбоновых кислот по Геллю-Фольгарду-Зелинскому. Электролиз солей карбоновых кислот по Кольбе, декарбокислирование солей по Хундиккеру, пиролиз солей щелочноземельных металлов карбоновых и дикарбоновых кислот. Непредельные карбоновые кислоты. Незаменимые жирные кислоты. Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида, оксалилхлорида.

45. Свойства: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения и др.) Восстановление до альдегидов (по Розенмунду и комплексными гидридами металлов). Взаимодействие галогенангидридов с диазометаном (реакция Арндта-Эйстера).
46. Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и алколюлятов ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-анионов, реакции кислот с диазометаном, алколюлиз нитрилов и др. Методы синтеза лактонов. Синтез ортоэфиров. Реакции сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация, реакции с металлоорганическими соединениями, восстановление до спиртов и альдегидов.
47. Ангидриды. Методы получения: дегидратация кислот с помощью P_2O_5 и фталевого ангидрида; ацилирование солей карбоновых кислот хлорангидридами. Реакции ангидридов кислот. Кетен. Получение и свойства.
48. Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Механизм реакции. Перекрестная конденсация сложных эфиров с эфирами щавелевой, угольной кислот или с эфирами ароматических кислот. Внутримолекулярная конденсация сложных эфиров двухосновных кислот по Дикману. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов. Синтезы с ацетоуксусным эфиром. Ацилоиновая конденсация сложных эфиров. Синтезы с малоновым и ацетоуксусными эфирами. Получение кислот и кетонов.
49. Нитрилы. Методы получения: дегидратация амидов кислот, алкилирование амбидентного цианид-иона, использование межфазного катализа. Свойства: гидролиз, восстановление комплексными гидридами металлов до аминов и альдегидов, взаимодействие с магнием- и литийорганическими соединениями, реакция нитрилов со спиртами и HCl .
50. Амиды. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония, синтез из нитрилов, изомеризация оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов - лактамов. Свойства: гидролиз, восстановление до аминов. Дегидратация амидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Понятие о секстетных перегруппировках.
51. Двухосновные кислоты, синтез, поведение дикарбоновых кислот при нагревании. Диэтилоксалат в синтезе. Малоновый эфир в синтезе, в реакции Михаэля и Кневенагеля. Адипиновая кислота. Конденсация Дикмана. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот.
52. Непредельные кислоты. Синтез эфиров –реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина, Хека, из β - оксикислот. Особенности свойств в зависимости от положения двойной связи: 1) Присоединение бромистого водорода, нуклеофилов, 2) миграция двойной связи. Ненасыщенные жирные кислоты в организме. Понятие о незаменимых жирных кислотах.
53. Методы получения фенолов из аренсульфокислот, арилгалогенидов, ионов арендиазония. Получение фенола в промышленности из кумола (изопропилбензола). Фенолы как $O-H$ кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Получение простых и сложных эфиров фенолов. Окисление фенолов. Многоатомные фенолы (пирокатехин, резорцин, гидрохинон). Окисление фенолов.
54. Хиноны. Синтез 1,4-бензохинона, 1,4-нафтохинона. Свойства хинонов как окислителей, как ненасыщенных кетонов (реакции с $HNal$, HCN), диенофилов в реакции Дильса-Альдера. Ароксильные радикалы. 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

55. 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 динитроаренах.
56. Амины как основания. Классификация аминов. 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. Взаимодействие альдегидов и кетонов с формиатом аммония (Лейкарт). Реакция Риттера. Аминирование по Ульману. Палладий-катализируемое аминирование арилгалогенидов.
57. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре. Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Идентификация и разделение первичных, вторичных и третичных аминов с помощью бензолсульфохлорида (проба Хинсберга). Взаимодействие первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Окисление и галогенирование аминов.
58. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование, формилирование. Защита аминогруппы.
59. Ароматические диазосоединения. Реакции диазотирования первичных ароматических аминов. Условия диазотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей диазония. Стабильные ковалентные формы диазосоединений. Кислотно-основные равновесия с участием катиона арендиазония. Реакции ароматических диазосоединений с выделением азота (замена диазогруппы на гидроксил-, галоген-, циано-, нитрогруппу и водород).
60. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители и индикаторы. Производные поливалентного иода. Диазометан. Реакция с кислотами и кетонами.
61. Реакции ароматических диазосоединений с выделением азота (замена диазогруппы на гидроксил-, галоген-, циано-, нитрогруппу и водород). Синтез биариллов по Гомбергу. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители и индикаторы.
62. Алициклические углеводороды. Энергия напряжения, типы напряжения в циклоалканах. Классификация алициклов. Конформации циклогексана и их взаимные переходы. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. Влияние конформационного положения у функциональных групп на реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления, окисления. Особенности свойств соединений со средним размером цикла.
63. Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Реакции расширения и сужения цикла при дезаминировании первичных аминов (Демьянов). Специальные методы синтеза соединений со средним размером цикла и синтез макроциклов.

64. Фуран, тиофен, пиррол. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр). Синтез пирролов по Кнорру. Другие методы синтеза. Ароматичность. Ориентация электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование и др.
65. Индол. Синтез производных индола из арилгидразина и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения для индола и его производных. Гидроксииндолы в природе. Индиго.
66. Пиридин. 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 и ее использование в нитровании. Реакции нуклеофильного замещения в пиридине.
67. Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилина по Крауфу 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.
68. Нуклеофильное замещение атомов водорода в хинолине и пиридине в реакциях с амидом натрия и литийорганическими соединениями. Имидазол, таутомерия, амфотерность, нуклеофильный катализ гидролиза ацилхлоридов.
69. Гистидин. Пиримидин. Нуклеофильное замещение в хлорпиримидинах. Синтез пиримидина из малонового эфира и мочевины через барбитуровую кислоту. Пурин. Азотистые основания нуклеиновых кислот.
70. Нуклеозиды. Нуклеотиды. Строение ДНК и РНК. Отличия между ними. Важнейшие функции ДНК и РНК. Репликация – транскрипция – трансляция. Минорные основания. Комплементарные основания. Дефекты цепи ДНК. Репарация. Принцип использования полимеразно-цепной реакции и секвенирования для анализа ДНК и диагностики заболеваний.
71. Аминокислоты. Классификация (незаменимые, заменимые, гидрофильные, гидрофобные). Кислотно-основные свойства. Амфотерность, изоэлектрическая точка, подтверждение цвиттер-ионного строения, электрофорез. Химические свойства (свойства карбоксильной и амино-групп, хелаты, бетаины, поведение при нагревании, синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу). Синтез из галогенкарбоновых кислот (2 способа, включая фталимидный), синтез Штреккера. Энантиоселективный синтез аминокислот (ферментативное разделение, синтез с использованием хиральных катализаторов). Определение N-концевой аминокислоты.
72. Углеводы. Что такое D-ряд углеводов? Классификация углеводов: а) по количеству атомов С; б) по наличию С=О 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, маннозы, галактозы, рибозы. Формулы Хеуорса.
73. Пиранозы и фуранозы. Переход от открытой формулы к циклической по Хеуорсу. Конформации глюкозы. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Аномерный эффект. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта: а) хелаты с ионами металлов, получение гликозидов, полных простых и сложных эфиров, изопропилиденовая защита; б) окисление СНО группы ионами металлов, бромной водой, HNO₃.
74. Расщепление по Волю. Реакция с аминами и получение озазонов. Важнейшие принципы и приёмы избирательного алкилирования различных гидроксильных групп в глюкозе. D-фруктоза как представитель кетоз. Открытая и циклическая формулы. Реакция серебряного зеркала для фруктозы.

75. Реакции, катализируемые комплексами переходных металлов (кросс-сочетание и реакция Хека в синтезе аренов, реакция Соногаширы, реакция метатезиса в синтезе циклоалкенов, палладий-катализируемое аминирование).

Варианты контрольных работ

I контрольная работа

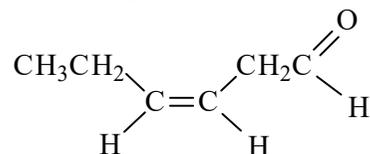
1. В Вашем распоряжении имеются (S)-бутанол-2 и следующие реагенты: а) конц. HBr; б) KBr и ДМСО; в) TsCl, пиридин, KBr и ацетон; г) KBr и H₂SO₄. Какие из приведенных реагентов позволяют превратить (S)-бутанол-2 в (R)-2-бромбутан с хорошим выходом и высокой оптической чистотой? Ответ подробно обоснуйте (схемы и механизмы реакций, побочные процессы).

2. Превратите *транс*-1,2-дифенилэтилен (*транс*-стильбен) в *мезо*- и D,L-1,2-дифенил-этандиола-1,2. Для полученных Вами диолов приведите проекции Фишера (углеродная цепь расположена по вертикали) и дайте R,S-обозначения асимметрическим центрам.

3. 1-Бром-2-дейтеро-1-фенилпропан, формула Фишера которого изображена ниже, обработали раствором *трет*-бутилата калия в *трет*-бутаноле. Какие продукты (с учетом стереохимии) при этом образуются? Ответ подробно мотивируйте с использованием стереохимических проекций Ньюмена. Для исходного соединения дайте R,S-обозначения асимметрическим центрам.

4. Спектр ЯМР ¹H соединения с брутто-формулой C₉H₁₈O (**4**) содержит 2 синглета с τ 0.96 м. д. и 1.36 м. д., уширенный синглет с τ 2.3 м. д. и 2 дублета с τ 5.39 (³J_{H-H} = 16 Гц) и 5.62 м. д. (³J_{H-H} = 16 Гц) с соотношением интенсивностей сигналов 9:6:1:1:1. После встряхивания этого соединения с D₂O в спектре исчезает сигнал с τ 2.3 м. д. Предложите структуру соединения (**4**) и получите его, используя в качестве исходных соединений метилацетилен и *трет*-бутилацетилен.

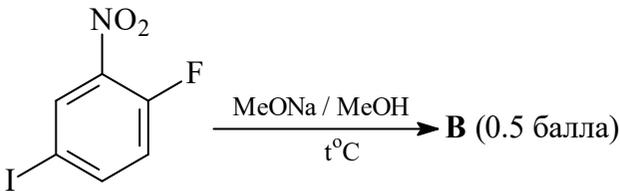
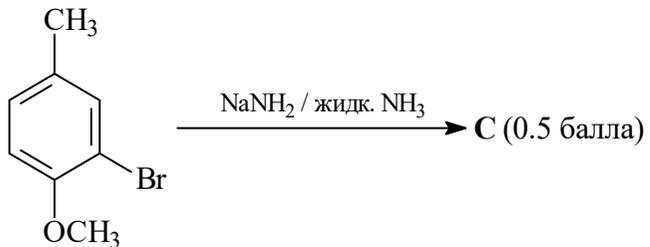
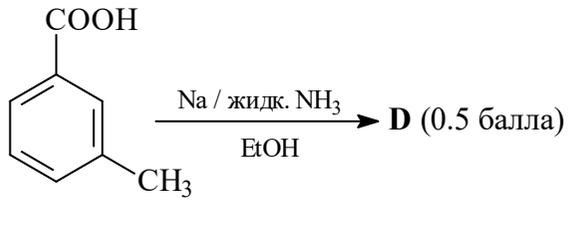
5. Одно из соединений, отвечающих за запах помидоров, имеет следующее строение



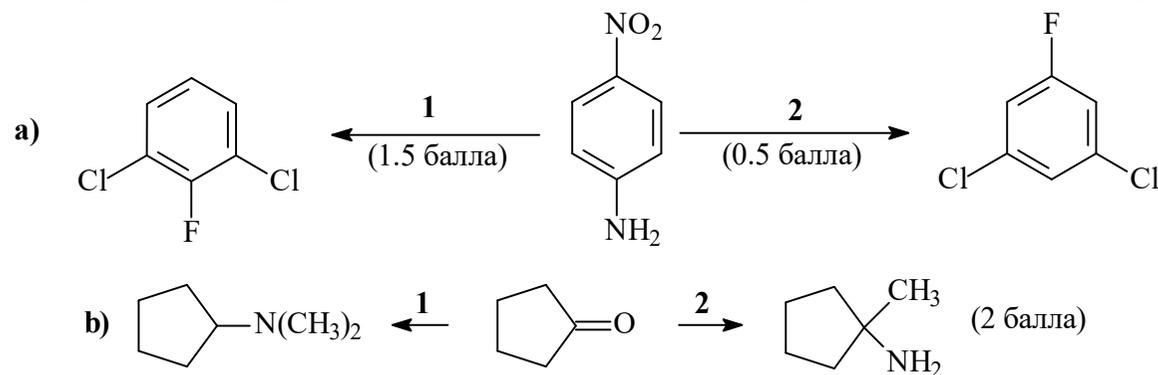
Получите данное соединение из этилена, ацетилена, этанола и других необходимых реагентов.

II контрольная работа

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

$\text{Br}(\text{CH}_2)_5\text{NO}_2 \xrightarrow[t^\circ\text{C}]{\text{K}_2\text{CO}_3 / \text{C}_6\text{H}_6} \mathbf{A} (\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_2) \text{ (1 балл)}$	
	

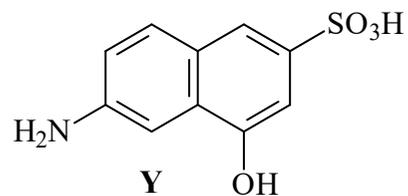
2. Осуществить следующие превращения (реагенты – любые, число стадий – произвольное). (4 балла).



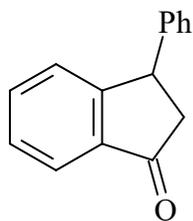
3. Используя неорганические реагенты, превратите толуол в 2,3,4,5,6-пентадейтерийбензойную кислоту. (1 балл).

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**.

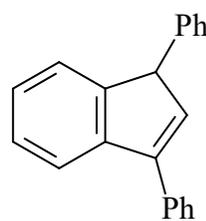
5. Из фталимида получите антраниловую (*орто*-аминобензойную) кислоту. Какова структура азокрасителя **Z**, получающегося при азосочетании диазотированной антраниловой кислоты с соединением **Y** при pH 5.



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



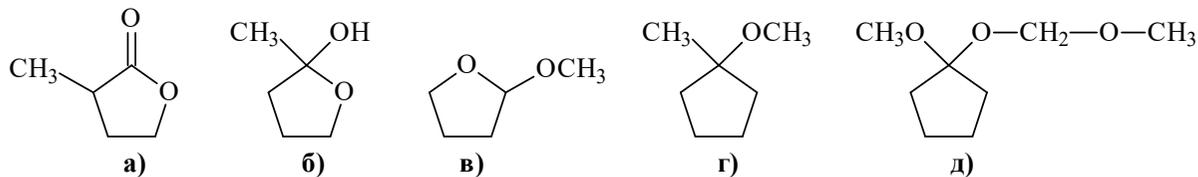
1,3-дифенил-1H-инден

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

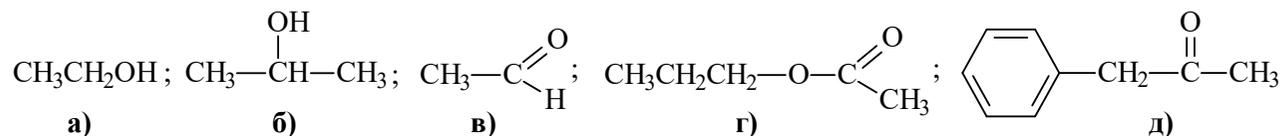
8. Циклопентадиен в присутствии оснований конденсируется с бензофеноном с образованием соединения **I** (молекулярная формула $\text{C}_{18}\text{H}_{14}$). Соединение **I** имеет высокий дипольный момент и способно реагировать как с электрофильными, так и с нуклеофильными реагентами. Так, соединение **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:



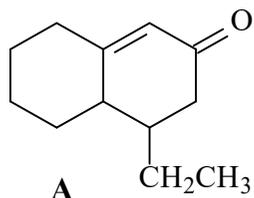
б) Выберите из приведенных ниже соединений те, которые при действии избытка иода в щелочной среде дадут положительную иодоформную реакцию.



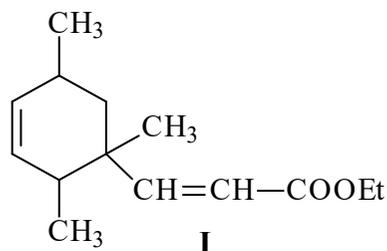
2. Бромирование ацетофенона в кислой среде дает вещество **X**. Приведите схему образования продукта **Y**, полученного взаимодействием соединения **X** с 1-пирролидиноциклогексеном-1 с последующей обработкой реакционной смеси водной кислотой. Напишите реагенты и условия синтеза исходного 1-пирролидиноциклогексена-1.

3. Исходя из бенzalдегида, 4-гидроксибенzalдегида, 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.

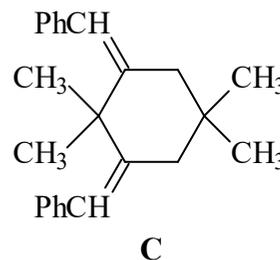
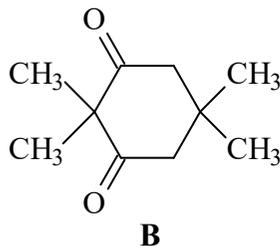
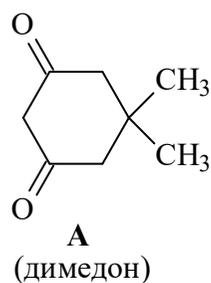


5. Предложите способ синтеза вещества **I**, имея в распоряжении трифенилфосфин, 2-бромпропен-1, гексадиен-2,4, формальдегид и этиловый эфир бромуксусной кислоты.



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.

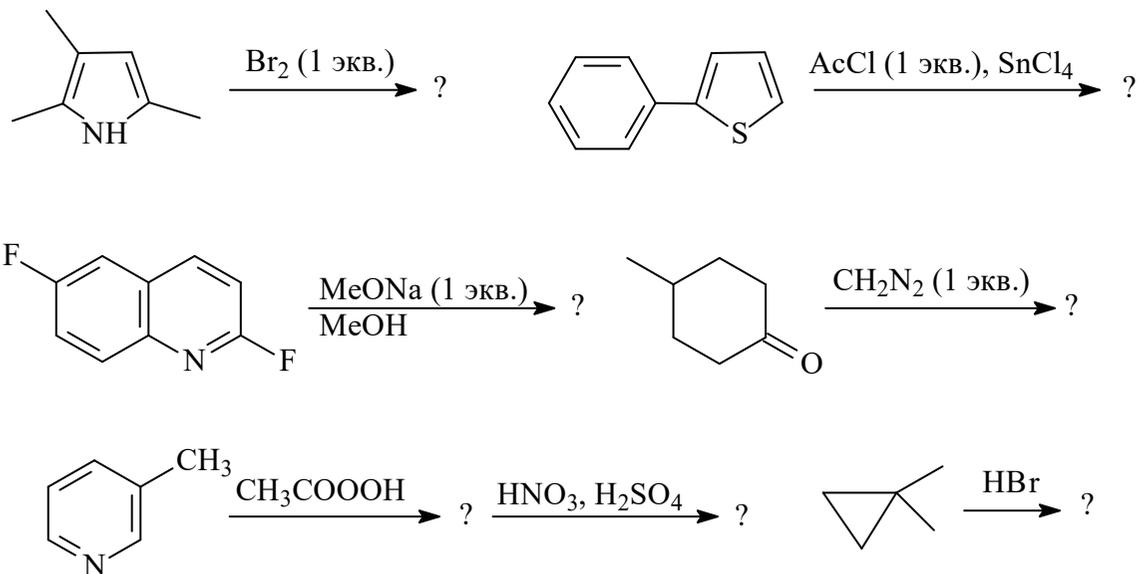
7. а) Из ацетона и малонового эфира, используя любые органические и неорганические реагенты, получите соединения **A**, **B** и **C**:



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

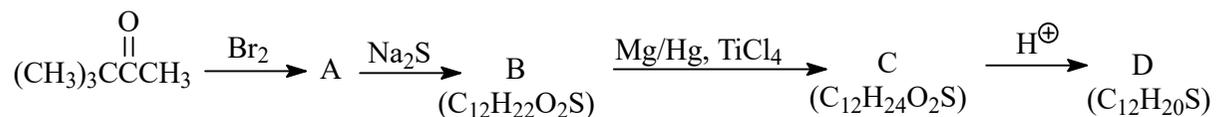
1. Какие продукты образуются в результате каждой из приведенных ниже реакций:



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

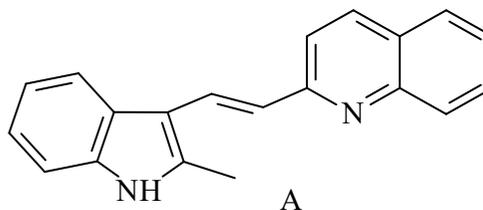
3. Нитрование N-ацетил-2,3-дигидроиндола нитрующей смесью дает продукт состава $C_{10}H_{10}N_2O_3$, имеющий следующий ПМР-спектр (м.д.): 2,5 (3H, с); 3,0 (2H, т, $J=7$ Гц); 3,7 (2H, т, $J=7$ Гц); 6,5 (1H, д, $J=8$ Гц); 7,3 (1H, ушир. с); 7,8 (1H, д, $J=1$ Гц); 7,9 (1H, дд, $J=8$ Гц и $J=1$ Гц). Предложите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

4. Расшифруйте цепочку превращений:

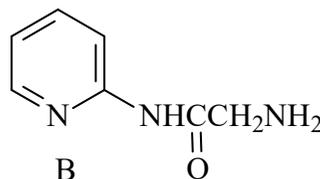


5. Из циклогексанона, метилиодида и других необходимых реагентов получите 1,3-диметилциклогексан (без учета стереохимии). Для *цис*-1,3-диметилциклогексана приведите наиболее устойчивую конформацию. Может ли *цис*-1,3-диметилциклогексан существовать в оптически активной форме?

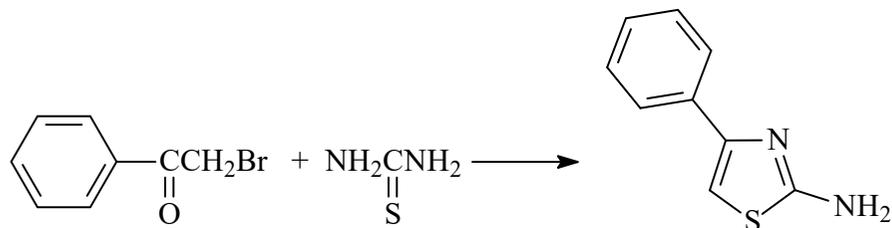
6. Из анилина, ацетальдегида, ацетона, диметилформамида и неорганических реагентов получите соединение А.



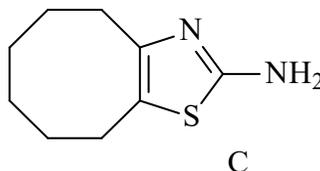
7. Из пиридина, глицина и других необходимых реагентов получите соединение В.



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):

Понятие об оптической активности и хиральности на примере органических соединений с одним асимметрическим атомом углерода. Понятие об энантиомерах и рацематах. R,S-номенклатура. Проекционные формулы Фишера и правила их использования. Соединения с двумя хиральными центрами. Понятие о диастереомерах, мезо-, трео- и эритро-формах.

Методы синтеза алканов из алкенов, алкинов, алкилгалогенидов, металлоорганических соединений, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Конформации этана, бутана, проекционные формулы Ньюмена. Химические свойства алканов. Галогенирование алканов. Механизм реакции. Регионаправленность галогенирования разветвленных алканов. Сульфохлорирование алканов. Термический и каталитический крекинг. Относительный ряд стабильности алкильных радикалов.

Природа двойной связи в алкенах. Геометрическая изомерия алкенов (цис-, транс- и Z-, E-номенклатура). Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Методы синтеза алкенов из алкилгалогенидов и спиртов. Стереоселективное восстановление алкинов. Реакции Гофмана, Виттига и Хорнера (на примере использования триэтилового эфира фосфонусной кислоты). Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов, восстановление диимидом. Гидрирование алкенов и алкинов. Гидроборирование алкенов. Механизм и стереохимия. Селективные гидроборирующие агенты. Синтез алканов, спиртов, алкилгалогенидов с помощью бороорганических соединений. Гидроборирование алкинов и превращение алкилборанов в алкены и карбонильные соединения. Электрофильное присоединение к алкенам галогенов, галогенводородов. Механизм реакции. Стереохимия и региоселективность присоединения. Правило Марковникова. Реакции сопряженного присоединения. Гидратация алкенов. Гидроксимеркурирование алкенов как метод синтеза спиртов (механизм и стереохимия). син-Гидроксилирование алкенов до диолов. Реагенты гидроксилирования. Механизм син-гидроксилирования. Эпоксидирование алкенов перекислотами. Кислотный и основной катализ гидролиза эпоксидов (оксиранов). Озонолиз алкенов. Механизм озонолиза. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов в органическом синтезе. Радикальные реакции алкенов. Присоединение бромистого водорода, сероводорода и тиолов по кратной связи (механизм). Аллильное галогенирование по Циглеру. Механизм реакции. Гидроборирование алкенов, региоспецифические гидроборирующие агенты и синтез алканов, спиртов и алкилгалогенидов на основе алкилборанов. Карбены - частицы с двухкоординированным углеродом. Методы генерации карбенов и дигалокарбенов. Строение синглетных и триплетных карбенов. Присоединение этих частиц к алкенам. Стереохимия присоединения.

1,3-Алкадиены. Методы синтеза сопряженных диенов. Крекинг алканов, дегидратация диолов. Кросс-сочетание, как метод синтеза 1,3-диенов. Строение бутадиена-1,3, сопряжение двойных связей. MO -1,3-бутадиена. 1,2 и 1,4-присоединение электрофильных агентов к 1,3-диенам. Аллильное участие, аллил-катион. Понятие о кинетическом и термодинамическом контроле реакций электрофильного присоединения к 1,3- диенам. Сравнение свойств и строения аллена и 1,3-диенов. Реакция 1,3-диенов с алкенами (реакция Дильса-Альдера). Область применения и стереохимия реакции. Синтез бициклических и полициклических соединений с помощью реакций Дильса-Альдера. Циклоприсоединение алкинов и 1,3-диенов.

Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Галогенирование и гидрогалогенирование алкинов. Механизм и стереохимия реакции. Восстановление алкинов до цис- и транс-алкенов. Гидратация алкинов. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях электрофильного присоединения. SN кислотность алкинов-1. Получение литиевых, натриевых, магниевых и медных производных алкинов-1. Их применение для синтеза высших алкинов. Конденсация алки-

нов-1 с альдегидами и кетонами по Фаворскому. Получение пропаргилового спирта и бутин-2-диола-1,4 по Реппе. Ацетилен-алленовая перегруппировка. Смещение тройной связи в концевое положение алкина. Окислительная конденсация терминальных алкинов в присутствии солей меди. Кросс-сочетание ароматических иодпроизводных с ацетиленидами меди. (Реакция Соногаширы).

Классификация механизмов нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (SN1- и SN2-механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизма. Зависимость механизма реакции от структурных факторов в исходном соединении. Понятие нуклеофильности и факторы, определяющие нуклеофильность. Роль растворителя в SN1- и SN2-процессах. Реакции нуклеофильного замещения SN2-типа, примеры реакций (получение аминов, нитрилов, эфиров карбоновых кислот, простых эфиров, тиоэфиров, алкилгалогенидов, нитросоединений и других классов органических соединений). Кинетика и стереохимия SN2-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 SN2-процессах. Методы синтеза алкилгалогенидов (алкилхлоридов, бромидов, иодидов и фторидов) из спиртов, алкенов, алканов, самих алкилгалогенидов, алкилсульфонатов и др. Реакции β -элиминирования. Классификация механизмов β -элиминирования. Направление E-2 элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Факторы определяющие направление элиминирования. Стереохимия E-2 элиминирования. Конкуренция E1 и SN1 реакций. Конкуренция E2 и SN2 реакций. Факторы влияющие на эту конкуренцию. Использование E1- и E2-элиминирования в синтетической практике для получения алкенов, алкинов и диенов.

Методы синтеза литий- и магнийорганических соединений. Синтез диалкил- и диарилкупратов. Строение реактива Гриньяра. Литий-, магнийорганические соединения и купраты в синтезе алканов, первичных, вторичных и третичных спиртов, кетонов, карбоновых кислот. Синтез дизамещенных алкинов из алкинов-1. Побочные реакции при взаимодействии магнийорганических соединений с карбонильными соединениями. Методы получения одноатомных спиртов из алкенов, алкилгалогенидов, карбонильных соединений, карбоновых кислот, сложных эфиров, оксиранов. Взаимодействие оптически активных вторичных спиртов с хлористым тионом. Замещение гидроксильной группы спиртов на галоген под действием галогеноводородов, галогенидов и оксогалогенидов фосфора и серы. Дегидратация спиртов, образование алкенов и простых эфиров. Механизм дегидратации E1 и E2. Окисление первичных и вторичных спиртов. Реагенты окисления, механизм реакции. Дегидратация спиртов как метод получения простых эфиров. Синтез 1,4-диоксана и тетрагидрофурана из диолов. Спирты как OH кислоты. Двухатомные спирты. Методы получения. Свойства вициальных диолов. Дегидратация до диенов. Пинакон-пинаколиновая перегруппировка. Окислительное расщепление вициальных диолов. Простые эфиры. Методы синтеза. Синтез краун-эфиров. Кислотное расщепление простых эфиров. Образование гидроксипероксидов простых эфиров. Комплексы простых эфиров с жесткими и мягкими кислотами Льюиса, оксониевые соли. Оксираны. Методы их получения. Взаимодействие карбонильных соединений с илидами серы. Раскрытие цикла под действием нуклеофильных реагентов. (Механизм реакций, кислотный и основной катализ).

Методы синтеза альдегидов и кетонов из алкенов, алкинов, спиртов и производных карбоновых кислот. Пиролиз солей карбоновых кислот. Гидроформилирование алкенов. Промышленное получение уксусного альдегида и формальдегида. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов и тиолов. (Кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы. 1,3-Дитианы и их применение в синтезе альдегидов и кетонов. Обращение полярности карбонильного углерода. Получение бисульфитных производных, циангидринов (оксинитрилов) и ацетиленовых спиртов. Взаимодействие карбонильных соединений с первичными

и вторичными аминами. Енамины и их использование в синтезе. Оксимы, гидразоны, арилгидразоны. Реакции карбонильных соединений с металлоорганическими реагентами. Кето-енольная таутомерия кетонов. Енолы кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена и рацемизации. Кислотный и основной катализ этих реакций. Енолят-ионы, методы их генерирования. Двойственная реакционная способность енолят-ионов. Принцип ЖМКО. Алкилирование и ацилирование енолят-ионов. Кето-енольная таутомерия 1,3-дикетонов и 1,3-кетозэфиров на примере ацетилацетона и ацетоуксусного эфира. Взаимодействие карбонильных соединений с илидами фосфора (реакция Виттига). Область применения реакции Виттига в органическом синтезе. Механизм реакции. Методы генерации илидов фосфора. Реакция Хорнера на примере использования триэтилового эфира фосфонуксусной кислоты. Восстановление альдегидов, кетонов и α,β -непредельных карбонильных соединений. Альдольная конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной среде. Механизм реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Перекрестная альдольная конденсация ароматических альдегидов или формальдегида с алифатическими альдегидами и кетонами. Направленная альдольная конденсация с использованием литиевых и кремниевых енолятов. Ограничения в использовании литиевых енолятов альдегидов. Конденсация альдегидов (кетонов) и соединений с "активной метиленовой группой" (конденсация Кневенагеля).

Аминометилирование альдегидов и кетонов по Манниху. Реакция альдегидов и кетонов с α -галогензамещенными сложными эфирами (реакция Реформатского). Бензоиновая конденсация ароматических альдегидов, область применения и механизм реакции. Сопряженное присоединение енолятов к α,β -енонам (реакция Михаэля). Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов и алканов. Реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Восстановительная димеризация кетонов до вицинальных диолов. Реакции гидридного переноса. Восстановление по Меервейну-Понндорфу-Верлею. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (механизм). Перекрестная реакция Канниццаро. Окисление кетонов перекислотами по Байеру-Виллигеру. α,β -Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов, и др. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогенородов. Сопряженное присоединение енолятов (Михаэль).

Промышленные и лабораторные методы получения ароматических углеводородов. Каталитический риформинг нефтяного сырья и выделение аренов из продуктов коксования каменного угля. Лабораторные методы: реакция Вюрца-Фиттига, тримеризация моно- и дизамещенных алкинов. Восстановление жирноароматических кетонов по Клемменсену Алкилирование бензола и других аренов по Фриделю-Крафтсу. Реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами переходных металлов, и реакция Хека в синтезе аренов. Строение бензола. Формула Кекуле. Современные представления о строении бензола. Молекулярные орбитали бензола. Аннулены ароматические и неароматические. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля для моноциклических аннуленов. Конденсированные ароматические углеводороды. Признаки и критерии ароматичности (термодинамический, квантовомеханический, структурный и магнитный). Понятие об антиароматичности. Ароматические катионы и анионы C3-C9 и методы генерирования этих ионов. Концепция ароматичности для заряженных частиц. Пяти- и шестичленные гетероциклические соединения и их бензопроизводные. Относительная шкала ароматичности гетероциклов и относительная термодинамическая стабильность. Общие представления о механизме реакций ароматического электрофильного замещения, кинетический изотопный эффект. Представление о у. и р. комплексах. Изотопный обмен водорода как простейшая реакция электрофильного замещения. Аренииевые ионы в реакциях электрофильного замеще-

ния как модель переходного состояния всей реакции. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Факторы парциальных скоростей.

Согласованная и несогласованная ориентация. Нитрование ароматических соединений. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и замещенных бензолов. Нитрование бифенила, нафталина и других аренов. Получение полинитросоединений. Понятие об ипсо-атаке и ипсо-замещении в реакции нитрования. Сульфирование ароматических соединений. Сульфлирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакциях сульфирования на примере сульфирования фенола и нафталина. Превращение сульфогруппы. Галогенирование (хлорирование и бромирование) бензола и замещенных производных бензола. Галогенирование конденсированных аренов и бифенила. Механизм реакции и природа электрофильного агента галогенирования. Иодирование аренов. Введение фтора в ароматические соединения. Реакции алкилирования аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты, механизм реакции. Полиалкилирование. Реакции изомеризации в процессах алкилирования по Фриделю-Крафтсу. Синтез диарилметанов и триарилметанов. Триарилметановые красители. Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования в о- и п-положения. Электрофильное формилирование аренов: реагенты формилирования, механизм реакции и применений в органическом синтезе. Каталитическое гидрирование аренов. Восстановление бензола и его производных по Бёрчу, восстановление по Берчу нафталина. Окисление алкилбензолов и конденсированных аренов. Свободно-радикальное галогенирование алкилбензолов.

Механизм присоединения-отщепления в реакциях ароматического нуклеофильного замещения. Примеры S_NAr реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные у-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. Методы генерации и фиксации дегидробензола. Строение дегидробензола.

Вопросы для подготовки к экзамену (II семестр):

Получение карбоновых кислот окислением спиртов, альдегидов, алкенов, алкилбензолов. Гидролиз производных карбоновых кислот. Синтез на основе металлоорганических соединений. Синтезы на основе малонового эфира. Промышленное получение муравьиной и уксусной кислот. Галогенирование карбоновых кислот по Геллю-Фольгарду-Зелинскому. Электролиз солей карбоновых кислот по Кольбе, декарбоксилирование солей по Хундиккеру, пиролиз солей щелочноземельных металлов карбоновых и дикарбоновых кислот. Непредельные карбоновые кислоты. Незаменимые жирные кислоты. Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида, оксалилхлорида. Свойства: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения и др.) Восстановление до альдегидов (по Розенмунду и комплексными гидридами металлов). Взаимодействие галогенангидридов с диазометаном (реакция Арндта-Эйстера). Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и алкоголятот ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-анионов, реакции кислот с диазометаном, алкоголиз нитрилов и др. Методы синтеза лактонов. Синтез ортоэфиров. Реакции

сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация, реакции с металлоорганическими соединениями, восстановление до спиртов и альдегидов. Ангидриды. Методы получения: дегидратация кислот с помощью P₂O₅ и фталевого ангидрида; ацилирование солей карбоновых кислот хлорангидридами. Реакции ангидридов кислот. Кетен. Получение и свойства.

Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Механизм реакции. Перекрестная конденсация сложных эфиров с эфирами щавелевой, угольной кислот или с эфирами ароматических кислот. Внутримолекулярная конденсация сложных эфиров двухосновных кислот по Дикману. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов. Синтезы с ацетоуксусным эфиром. Ацилоино-вая конденсация сложных эфиров. Синтезы с малоновым и ацетоуксусными эфирами. Получение кислот и кетонов.

Нитрилы. Методы получения: дегидратация амидов кислот, алкилирование амбидентного цианид-иона, использование межфазного катализа. Свойства: гидролиз, восстановление комплексными гидридами металлов до аминов и альдегидов, взаимодействие с магнием- и литийорганическими соединениями, реакция нитрилов со спиртами и HCl. Амиды. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония, синтез из нитрилов, изомеризация оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов - лактамов. Свойства: гидролиз, восстановление до аминов. Дегидратация амидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Понятие о секстетных перегруппировках.

Двухосновные кислоты, синтез, поведение дикарбоновых кислот при нагревании. Диэтилоксалат в синтезе. Малоновый эфир в синтезе, в реакции Михаэля и Кневенагеля. Адипиновая кислота. Конденсация Дикмана. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот. Непредельные кислоты. Синтез эфиров –реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина, Хека, из β- оксикислот. Особенности свойств в зависимости от положения двойной связи: 1) Присоединение бромистого водорода, нуклеофилов, 2) миграция двойной связи. Ненасыщенные жирные кислоты в организме. Понятие о незаменимых жирных кислотах.

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 динитроаренах. Амины как основания. Классификация аминов. 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. Взаимодействие альдегидов и кетонов с формиатом аммония (Лейкарт). Реакция Риттера. Аминирование по Ульману. Палладий-катализируемое аминирование арилгалогенидов. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре. Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Идентификация и разделение первичных, вторичных и третичных аминов с помощью бензолсульфохлаорида (проба Хинсберга). Взаимодействие первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Окисление и галогенирование аминов. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце ароматических аминов: галогенирование, сульфирование, нитрование, ацилирование, формилование. Защита аминогруппы. Ароматические diaзосоединения. Реакции diaзотирования первичных ароматических аминов. Условия diaзотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей diaзония. Ста-

бильные ковалентные формы diaзосоединений. Кислотно-основные равновесия с участием катиона арендиазония. Реакции ароматических diaзосоединений с выделением азота (замена diaзогруппы на гидроксил-, галоген-, циано-, нитрогруппу и водород. Реакции diaзосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и diaзосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители и индикаторы. Производные поливалентного иода. Диазометан. Реакция с кислотами и кетонами. Реакции ароматических diaзосоединений с выделением азота (замена diaзогруппы на гидроксил-, галоген-, циано-, нитрогруппу и водород). Реакции diaзосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и diaзосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители и индикаторы.

Методы получения фенолов из аренсульфокислот, арилгалогенидов, ионов арендиазония. Получение фенола в промышленности из кумола (изопропилбензола). Фенолы как O-H кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Получение простых и сложных эфиров фенолов. Окисление фенолов. Многоатомные фенолы (пирокатехин, резорцин, гидрохинон). Окисление фенолов. Хиноны. Синтез 1,4-бензохинона, 1,4-нафтохинона. Свойства хинонов как окислителей, как ненасыщенных кетонов (реакции с HNaI , HCN), диенофилов в реакции Дильса-Альдера. Ароксильные радикалы. 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. Энергия напряжения, типы напряжения в циклоалканах. Классификация алициклов. Конформации циклогексана и их взаимные переходы. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. Влияние конформационного положения у функциональных групп на реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления, окисления. Особенности свойств соединений со средним размером цикла. Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Реакции расширения и сужения цикла при дезаминировании первичных аминов (Демьянов). Специальные методы синтеза соединений со средним размером цикла и синтез макроциклов.

Фуран, тиофен, пиррол. Синтез из 1,4-дикарбонльных соединений (Пааль-Кнорр). Синтез пирролов по Кнорру. Другие методы синтеза. Ароматичность. Ориентация электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование и др. Индол. Синтез производных индола из арилгидразина и кетонов по Фишеру. Механизм реакции. Реакции электрофильного замещения для индола и его производных. Гидроксииндолы в природе. Индиго. Пиридин. 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 и ее использование в нитровании. Реакции нуклеофильного замещения в пиридине. Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилина по Скруппу 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 в хинолине и пиридине в реакциях с амидом натрия и литийорганическими соединениями. Имидазол, таутомерия, амфотерность, нуклеофильный катализ гидролиза ацилхлоридов. Гистидин. Пиримидин. *Нуклеофильное замещение в хлорпиримиди-*

нах. Синтез пиридина из малонового эфира и мочевины через барбитуровую кислоту. Пурин. Азотистые основания нуклеиновых кислот.

Нуклеозиды. Нуклеотиды. Строение ДНК и РНК. Отличия между ними. Важнейшие функции ДНК и РНК. Репликация – транскрипция – трансляция. Минорные основания. Комплементарные основания. Дефекты цепи ДНК. Репарация. Принцип использования полимеразно-цепной реакции и секвенирования для анализа ДНК и диагностики заболеваний.

Аминокислоты. Классификация (незаменимые, заменимые, гидрофильные, гидрофобные). Кислотно-основные свойства. Амфотерность, изоэлектрическая точка, подтверждение цвиттер-ионного строения, электрофорез. Химические свойства (свойства карбоксильной и amino-групп, хелаты, бетаины, поведение при нагревании, синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу). Синтез из галогенкарбоновых кислот (2 способа, включая фталимидный), синтез Штреккера. Энантиоселективный синтез аминокислот (ферментативное разделение, синтез с использованием хиральных катализаторов). Определение N-концевой аминокислоты.

Углеводы. Что такое D-ряд углеводов? Классификация углеводов: а) по количеству атомов С; б) по наличию С=О 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, маннозы, галактозы, рибозы. Формулы Хеурса. Пиранозы и фуранозы. Переход от открытой формулы к циклической по Хеурсу. Конформации глюкозы. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Аномерный эффект. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта: а) хелаты с ионами металлов, получение гликозидов, полных простых и сложных эфиров, изопропилиденовая защита; б) окисление СНО группы ионами металлов, бромной водой, HNO₃. Расщепление по Волю. Реакция с аминами и получение озаонов. Важнейшие принципы и приёмы избирательного алкилирования различных гидроксильных групп в глюкозе. D-фруктоза как представитель кетоз. Открытая и циклическая формулы. Реакция серебряного зеркала для фруктозы.

Реакции, катализируемые комплексами переходных металлов (кросс-сочетание и реакция Хека в синтезе аренов, реакция Соногаширы, реакция метатезиса в синтезе циклоалкенов, палладий-катализируемое аминирование).

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 непринципиального 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>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене, защита курсовой работы</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>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>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>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене, защита курсовой работы</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>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, защита курсовой работы, устный опрос на экзамене</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: 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>мене</p>
--	-------------