



МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО ВолГМУ
Минздрава России
М.Е.Стаценко
« 30 » августа_ 2022 г.



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
научная специальность 1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Волгоград 2022

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Цель кандидатского экзамена: кандидатский экзамен является установленной формой итогового контроля и завершает изучение всех дисциплин по научной специальности, включенных в учебный план аспиранта. Целью экзамена является оценка уровня полученных за период освоения дисциплины образовательного компонента программы аспирантуры знаний, необходимых для научно-педагогической работы.

Задачи кандидатского экзамена: определить готовность аспиранта к самостоятельной научной и преподавательской работе по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений на основе знаний и умений, приобретенных в ходе освоения аспирантами дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры.

Сдача кандидатского экзамена по научной специальности рассматривается как показатель научной квалификации и как определенный академический уровень соискателя ученой степени кандидата наук, где необходимо продемонстрировать самые передовые знания в исследуемой области и в смежных областях; владение современными и специализированными умениями и методами, необходимыми для решения важных проблем при проведении исследований; значительные лидерские качества, авторитет, научную и профессиональную целостность.

ТРЕБОВАНИЯ К ОСВОЕНИЮ СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Содержанием научной специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений является синтез, выделение и очистка новых соединений, разработка новых и модификация существующих методов синтеза элементоорганических соединений, исследование механизмов и стереохимии химических реакций, развитие теории химического строения элементоорганических соединений, разработка новых экспериментальных и теоретических методов изучения строения, физико-химических свойств и реакционной способности элементоорганических соединений, выявление закономерностей типа «структура – свойство», выявление практически важных свойств элементоорганических соединений и создание технологий синтеза элементоорганических соединений.

В результате изучения дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры аспирант должен знать теоретические представления химии органической и элементоорганической, в том числе о строении и механизме химических реакций, важнейшие методы квантовой химии, фундаментальные основы и методы дизайна и синтеза химических соединений и материалов, в том числе с заранее заданными свойствами, методы исследования структуры и функционально важных свойств химических соединений, основные методы научно-исследовательской деятельности, методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области химии элементоорганических соединений, принципы организации работы исследовательского коллектива в области в химии и смежных наук.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

Аспирант должен четко ориентироваться во всех разделах специальной дисциплины, содержащихся в ее рабочей программе. Необходимо твердо знать содержание вопросов данных разделов, уметь выделять в каждом из них имеющиеся теоретические проблемы. Знать мнения по ним ученых-специалистов, уметь отстаивать собственную точку зрения по рассматриваемым проблемам. Знать предусмотренные

данной дисциплиной первоисточники, основополагающие труды ученых. Необходимо свободно ориентироваться в специальной литературе в изучаемой области научных знаний. Экзаменуемый должен грамотно строить свою речь, понятно излагать решение различных проблем в своей области.

УСЛОВИЯ ДОПУСКА К СДАЧЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

К кандидатскому экзамену допускаются аспиранты, полностью усвоившие программу специальной дисциплины и сдавшие экзамены, предусмотренные учебным планом на предыдущих этапах обучения.

Допуском к кандидатскому экзамену является подготовленный из списка тем реферат. Примерный перечень тем рефератов приведен в Приложении 1. Реферат проверяется заведующим кафедрой, научным руководителем или преподавателем, ведущим курс по специальной дисциплине. По итогам проверки ставится оценка «зачтено/не зачтено»

СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Подготовка к экзамену ведется по вопросам, предусмотренным рабочей программой специальной дисциплины с использованием рекомендованных в ней источников и литературы. Перед экзаменом в обязательном порядке проводится консультация преподавателя, ведущего курс.

На кандидатском экзамене экзаменуемый должен продемонстрировать совокупность имеющихся знаний по специальной дисциплине.

Процесс сдачи экзамена проходит в устной форме по заранее разработанным вопросам, приведенным в Приложении 2. Аспирант отвечает на три вопроса, которые выдаются ему в начале экзамена. Вопросы соответствуют паспорту научной специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений. Ответы на вопросы выполняются в устном или письменном виде в форме тезисов. Устный ответ осуществляется в виде самостоятельного изложения материала на основе письменных тезисов. После устного ответа члены экзаменационной комиссии вправе задать отвечающему уточняющие вопросы. При необходимости задаются дополнительные вопросы по различным темам специальной дисциплины. Письменные тезисы ответов, подписанные аспирантом (соискателем) на каждой странице с проставлением даты, после завершения экзамена сдаются в отдел аспирантуры и докторантуры вместе с протоколами сдачи экзаменов.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТВЕТОВ НА КАНДИДАТСКОМ ЭКЗАМЕНЕ

Для оценки ответов на кандидатском экзамене по специальной дисциплине программы аспирантуры учитываются следующие критерии: теоретическая точность; методологическая четкость; полнота содержания ответа; использование собственных суждений и оценок; умение отстаивать свою позицию; грамотное изложение материала.

Итоговая оценка определяется исходя из следующих критериев:

- «отлично» - дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний, умения выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Знание демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах

науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию аспиранта;

- **«хорошо»** - дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные аспирантом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя;

«удовлетворительно» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Аспирант не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Аспирант может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

- **«неудовлетворительно»** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Аспирант не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа аспиранта не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПУСКА К КАНДИДАТСКОМУ
ЭКЗАМЕНУ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ:

1. Общие методы синтеза элементоорганических соединений: взаимодействие галогенорганических соединений с металлами, металлизирование, обмен галоген-металл и металл-металл в элементоорганических соединениях, diazometod, присоединение к кратным связям, восстановительные методы синтеза.
2. Цинкорганические соединения. Историческое значение цинкорганических соединений. Работы русских химиков (А.М.Бутлеров, А.М.Зайцев, Е.Е.Вагнер, С.Н.Реформатский).
3. Значение магнийорганических соединений (реактив Гриньяра, Йоича) для органического и элементоорганического синтеза.
4. ЯМР-спектроскопия в исследовании строения органических соединений
5. Оптическая спектроскопия (ИК-, УФ-, КР). Физические и теоретические основы методов. Применение в химии органических соединений.
6. Фото- (ФЭС) и рентгено-фотоэлектронная (ЭСХА) спектроскопии. Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС.
7. Масс-спектрометрия. Физические и теоретические основы метода. Области применения в химии органических соединений.
8. Изменение характера связи элемент-углерод в IV группе.
9. Сходство и различия в механизмах реакций соединений углерода и кремния.
10. Кремнийорганические защитные группы.
11. Реакции прото- и галоиддеметаллирования.
12. История развития и области применения ФОС.
13. Соединения фосфора низкой координации.
14. Вклад российских ученых в химию фосфора.
15. Биоактивные соединения фосфора -пестициды, гербициды, лекарственные препараты, химическое оружие.
16. Соединения пяти- и шестикоординированного фосфора
17. Химия биологически активных соединений. Амины
18. Химия биологически активных соединений. Гетерофункциональные соединения.
19. Химия биологически активных соединений. Гетероциклические соединения.
20. Небензойные ароматические системы: азулен, гетероциклы ароматической природы, катионидные и анионидные ароматические системы (циклопентаденил-анион, циклопропенилий- и циклогептатриенил-катион, мезоионные соединения (сидноны).
21. Металлоорганические ароматические системы (ферроцен, рутеноцен, осмоцен, цимантрен).
22. Металлоорганические ароматические системы (циклобутадиеновые комплексы кобальта, бис(циклооктатетраен)уран).
23. Многоцентровые связи в металлоорганических π -комплексах переходных элементов. Основы теории поля лигандов. Магнитные свойства комплексов. Правило —эффективного атомного номера. Эффект Яна -Теллера.

- 24.Связи металл–углерод в карбонилах, олефиновых, аллильных, π-циклопентадиенильных и ареновых комплексах. Понятие об описании их в рамках метода молекулярных орбиталей. Кластеры. Карбонилы.
- 25.Стереохимия элементоорганических соединений. Пространственное строение квадратных, тетраэдрических и октаэдрических комплексов.
- 26.Хиральность соединений металлоценового, циклопентадиенил- и аренометаллтрикарбонильного рядов. Каталитические свойства различных типов металлоорганических соединений
- 27.Общая характеристика органических производных переходных металлов.
- 28.σ-Комплексы переходных металлов. Факторы стабильности, природа связи, химические свойства.
- 29.Олефин как лиганд в комплексах переходных металлов. Изменения в структуре и свойствах олефина в результате координации.
- 30.Металлокомплексный катализ и его применение в технологических процессах

Приложение 2.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ СДАЧИ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ:

1. Основные положения квантовой химии. Уравнение Шредингера для атомно-молекулярной системы как основа для теоретического исследования ее структуры и электронного строения. Электронное строение атомов и их ионов. Атомные орбитали и их классификация.
2. ЯМР-спектроскопии (импульсная ЯМР-Фурье спектроскопия, динамический ЯМР) в исследовании строения и реакционной способности ЭОС. Физические и теоретические основы метода. Понятие об основных ЯМР-параметрах: химическом сдвиге, константах спин-спинового взаимодействия, временах релаксации. Области применения в химии ЭОС: Изучение строения и динамики молекул, определение примесей.
3. Природа химических связей в ЭОС. Гибридные орбитали и принципы их использования в качественной теории химического строения. Классификация типов химических связей в ЭОС.
4. Природа связи в олефиновых, ацетиленовых, циклопентадиенильных и ареновых комплексах переходных металлов. Кратные связи элемент-углерод и элемент-элемент. Многоцентровые связи.
5. Масс-спектрометрия. Физические и теоретические основы метода. Области применения в химии ЭОС: установление состава и строения молекул, качественный и количественный анализ смесей (хромато-масс-спектрометрия), определение микропримесей, изотопный анализ, измерение термодинамических параметров, изучение ионно-молекулярных реакций, газофазная кислотность и основность молекул.
6. Типы напряжения в циклоалканах и их подразделение на малые, средние и макроциклы. Конформационный анализ циклогексана, моно- и дизамещенных циклогексанов.
7. Влияние конформационного положения функциональных групп на их реакционную способность в ряду производных циклогексана на примере реакций замещения, отщепления и окисления. Реакции расширения и сужения циклов при дезаминировании первичных аминов (Демьянов). Сужение цикла в реакции Фаворского (α-галогенциклоалканоны).

8. Теоретические методы моделирования структуры и электронного строения молекул. Адиабатическое приближение. Понятие о поверхности потенциальной энергии молекулы. Метод молекулярных орбиталей (МО) как основа современной квантовой химии.

9. Основные принципы построения неэмпирических и полуэмпирических квантово-химических методов. Использование методов квантовой химии для расчетов наблюдаемых свойств молекул. Анализ электронного строения молекул в терминах эффективных зарядов на атомах и заселенностей (порядков) связей.

10. Метод рентгеноструктурного анализа (РСА). Физические и теоретические основы метода. Области применения в химии ЭОС: установление строения молекул и кристаллов, исследование природы химических связей.

11. Молекулярные орбитали в олефиновых, аллильных, циклопентадиенильных и ареновых комплексах. Химические связи в электронодефицитных молекулах (на примерах простейших и полиэдрических гидридов бора и карборанов).

12. Электронные представления о природе связей. Типы связей в органической химии. Гибридизация атомов углерода и азота. Электронные эффекты. Электроотрицательность атомов и групп.

13. Фото- (ФЭС) и рентгенофотоэлектронная (ЭСХА) спектроскопии. Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС: изучение электронного строения молекул, измерение энергий ионизации.

14. Оптическая спектроскопия (ИК). Физические и теоретические основы метода. Применение в химии ЭОС: установление строения молекул, изучение динамики молекул, измерение концентрации. Применение симметрии при интерпретации экспериментальных спектров.

15. Оптическая спектроскопия (УФ). Физические и теоретические основы метода. Применение в химии ЭОС: установление строения молекул, изучение динамики молекул, измерение концентрации.

16. Оптическая спектроскопия (КР). Физические и теоретические основы метода. Применение в химии ЭОС: установление строения молекул, изучение динамики молекул, измерение концентрации.

17. Теоретические основы стереохимии ЭОС. Понятие о конформациях и конфигурациях. Координационные полиэдры, характерные для координационных чисел 4, 5, 6. Хиральность полиэдров с моно- и бидентатными лигандами.

18. Планарная хиральность и оптическая активность металлокомплексов с олефиновыми, циклопентадиенильными, ареновыми лигандами.

19. Сопряженные молекулы как лиганды в ЭОС. Электронное строение сопряженных молекул в π -электронном приближении. Метод Хюккеля.

20. Схемы π -электронных уровней энергии и π -МО аллила, бутадиена, аниона циклопентадиенила, бензола, циклооктатетраена. Концепция ароматичности в химии ЭОС. Примеры металлорганических ароматических систем.

21. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические и теоретические основы методов. Применение в химии ЭОС: установление строения радикалов, изучение динамики молекул и механизмов радикальных реакций.

22. Понятие о резонансе (сопряжении) в классической и квантовой химии. Сопряжение в методе МО Хюккеля. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Мезоонные соединения. Антиароматичность.

23. Основные типы реагентов (электрофилы, нуклеофилы, протофилы, радикалофилы, карбеноиды). Классификация основных типов реакций с участием ЭОС.

24. Реакции по связи металл-лиганд (реакции замещения, присоединения, элиминирования, фрагментации, внедрения, окислительного присоединения, восстановительного элиминирования).

25. Превращения лигандов в координационной сфере металлов (структурно нежесткие соединения), внутримолекулярные перегруппировки и молекулярная динамика ЭОС (таутомерия, металлотропия, внутренние вращения вокруг связи металл-лиганд). Окислительно-восстановительные превращения металлоорганических соединений.

26. Количественная теория кислот и оснований. Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кислотно-основное равновесие. Понятие рН.

27. Кинетическая и термодинамическая кислотность. Уравнение Бренстеда. Общий и специфический кислотно-основной катализ. Суперкислоты. Функции кислотности. Постулат Гаммета.

28. Понятие о конформации молекулы. Вращение вокруг связей: величины и симметрия потенциальных барьеров. Факторы, определяющие энергию конформеров. Влияние эффектов сопряжения на стабильность конформеров. Номенклатура конформеров.

29. Угловое напряжение и другие типы напряжения в циклических системах. Средние циклы и трансаннулярные взаимодействия. Инверсия циклов и азотсодержащих соединений.

30. Связь конформации и реакционной способности. Принцип Кертвина–Гаммета. Стерический и стереоэлектронный контроль реакций. Стереоселективность и стереоспецифичность.

31. Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Эквивалентные, энантиотопные и диастереотопные группы; их проявление в химическом поведении молекул в хиральных и ахиральных средах и спектрах ЯМР. Номенклатура оптических антиподов. Неуглеродные атомы как центры хиральности.

32. Реакции алканов: галогенирование, сульфохлорирование. Селективность радикальных реакций и относительная стабильность алкильных радикалов. Термический и каталитический крекинг. Ионные реакции алканов в суперкислых средах (дейтериевый обмен и галогенирование).

33. Циклоалканы. Методы синтеза и строение циклопропанов, циклобутанов, циклопентанов и циклогексанов. Синтез соединений со средним размером цикла (ацилиновая конденсация).

34. Методы синтеза алкенов: элиминирование галогеноводородов из алкилгалогенидов, воды из спиртов. Синтез алкенов из четвертичных аммониевых солей (Гофман), N-окисей третичных аминов (Коуп). Стереоселективное восстановление алкинов.

35. Стереоселективный синтез *цис*- и *транс*-алкенов из 1,2-диолюв (Кори, Уингер). Региоселективный синтез алкенов из тозилгидразонов (Шапиро). Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алкенов. Основания, используемые в реакции.

36. Методы синтеза алкинов: отщепление галогеноводородов из дигалогенидов, реакция 1,2-дигидразонов с оксидом ртути (II) и тетраацетатом свинца. Усложнение углеродного скелета алкинов: реакции ацетиленидов натрия и меди, магниорганических производных алкинов. Конденсация алкинов-1 с кетонами и альдегидами (Фаворский, Ренне).

37. Реакции алкинов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация (Кучеров). Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. Окислительная конденсация терминальных алкинов в присутствии солей меди.

38. Реакции 1,3-диенов: галогенирование и гидрогалогенирование, 1,2- и 1,4-присоединение. Реакция Дильса—Альдера с алкенами и алкинами, ее типы: карбо-реакция, гетеро-реакция.

39. Диены и диенофилы. *о*-хинодиметаны в качестве диенов. Катализ в реакции Дильса—Альдера. Стереохимия реакции. Региоселективность [4+2]-циклоприсоединения

в случае несимметричных диенов и диенофилов. Ретро-реакция Дильса—Альдера. Применение силоксидиенов в синтезе алициклов и гетероциклов.

40. Реакции одноатомных спиртов: замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген (под действием галогеноводородов, галогенидов фосфора и хлористого тионила). Реагенты регио- и стереоселективного замещения (комплексы трифенилфосфина с галогенами и четыреххлористым углеродом).

41. Дегидратация спиртов. Окисление первичных и вторичных спиртов. Реагенты окисления на основе соединений хрома (VI), диоксида марганца и диметилсульфоксида (методы Моффета и Сверна).

42. Методы синтеза простых эфиров: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование спиртов. Реакции простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами.

43. Методы получения альдегидов и кетонов: из спиртов, производных карбоновых кислот, алкенов (озонолиз), алкинов (гидроборирование), на основе металлоорганических соединений. Ацилирование и формилирование аренов.

44. α , β -непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов. Реакция 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, триалкилборанов, диалкил- и диарилкупратов, цианистого водорода, галогеноводородов. Эпоксидирование α , β -непредельных кетонов.

45. Реакции альдегидов и кетонов: присоединение воды, спиртов, тиолов. 1,3-Дитианы и их использование в органическом синтезе. Обращение полярности C=O группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов. Взаимодействие альдегидов и кетонов с илидами фосфора (Виттиг) и серы. Перегруппировка Бекмана.

46. Взаимодействие альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями. Енамины, их алкилирование и ацилирование.

47. Альдольно-кетоновая конденсация карбонильных соединений. Направленная альдольная конденсация разноименных альдегидов с использованием литиевых и кремниевых эфиров енолов. Конденсация альдегидов и кетонов (Кневенагель, Манних, бензоиновая конденсация, конденсация Анри).

48. Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов, реагенты восстановления. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов: реакции Клемменсена и Кижнера-Вольфа. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Окисление кетонов надкислотами по Байеру—Виллигеру.

49. Реакции аминов. Алкилирование и ацилирование. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Окисление третичных аминов до N-оксидов, их термолиз (Коуп). Получение нитронов из N,N-диалкилгидроксиаминов. Реакции [3+2]-циклоприсоединения нитронов (образование пятичленных азотистых гетероциклов).

50. Реакции альдегидов и кетонов: присоединение воды, спиртов, тиолов. 1,3-Дитианы и их использование в органическом синтезе. Обращение полярности C=O группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов.

51. Взаимодействие альдегидов и кетонов с илидами фосфора (Виттиг) и серы. Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями. Перегруппировка Бекмана. Взаимодействие альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями.

52. Реакции производных карбоновых кислот: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, металлоорганические соединения).

53. Восстановление галогенангидридов карбоновых кислот до альдегидов по Розенмунду и комплексными гидридами металлов. Взаимодействие галогенангидридов с диазометаном (реакция Арндта-Эйстера). Восстановление сложных эфиров до спиртов и альдегидов, нитрилов - до аминов и альдегидов комплексными гидридами металлов.

54. Малоновая кислота: синтезы с малоновым эфиром, реакция Михаэля, конденсации с альдегидами (Кневенагель).
55. Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе.
56. Методы получения производных карбоновых кислот: галогенангидридов, ангидридов, сложных эфиров, нитрилов, амидов. Реакции производных карбоновых кислот.
57. Методы синтеза α , β -непредельных карбоновых кислот: дегидратация гидроксикислот, реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина (синтез коричных кислот). Реакции присоединения по двойной связи. Бром- и иодо-лактонизация α , β -непредельных карбоновых кислот.
58. Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.
59. Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование бифенила, нафталина, ароматических аминов и фенола. Получение полинитросоединений. Ипсо-атака и ипсо-замещение в реакциях нитрования. Восстановление нитро-группы в различных условиях.
60. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм галогенирования аренов и их производных.
61. Сульфирование. Сульфирующие агенты. Кинетический и термодинамический контроль реакции (сульфирование фенола и нафталина). Превращение сульфогруппы.
62. Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Полиалкилирование. Побочные процессы: изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов. Синтез диарил- и триарилметанов.
63. Ацилирование аренов. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Особенности ацилирования фенолов, перегруппировка Фриса. Формилирование по Гаттерману-Коху, Гаттерману и Вильсмейеру. Область применения этих реакций.
64. Нитроалканы. Синтез из алкилгалогенидов. Кислотность и таутомерия нитроалканов. Конденсация с карбонильными соединениями (Анри). Восстановление в амины. Превращение вторичных нитроалканов в кетоны (Мак-Марри).
65. Основные типы карбонил металлов. Методы синтеза, строение и реакции. Карбонилат анионы, карбонил галогениды, карбонилгидриды. Природа связи металл-карбонил.
66. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, пиррол, тиофен. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль—Кнорр). Синтез пирролов по Кнорру и по Ганчу. Синтез 3,4-дизамещенных тиофенов по Хинсбергу.
67. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование.
68. Индол. Синтез производных индола из фенилгидразина и кетонов (Фишер). Синтез индола и его производных из 2-ациламинотолуолов (Маделунг). Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование.
69. Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин и хинолин. Синтез производных пиридина по Ганчу.
70. Синтез хинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру—Миллеру. Реакции пиридина и хинолина.
71. Элементоорганические соединения: производные фосфора в органическом синтезе.

72. Элементоорганические соединения: производные бора в органическом синтезе.
73. Элементоорганические соединения: производные кремния в органическом синтезе.
74. Элементоорганические соединения: производные меди в органическом синтезе.
75. Элементоорганические соединения: производные лития в органическом синтезе.
76. Элементоорганические соединения: производные магния в органическом синтезе.
77. Элементоорганические соединения: производные олова в органическом синтезе.
78. Металлокомплексный катализ.
79. Магнийорганические соединения: получение, строение, свойства. Роль растворителя в синтезе магнийорганических соединений. Реакционная способность магнийорганических соединений и их применение в органическом и металлорганическом синтезе.
80. Органические соединения ртути: получение, строение, свойства. Меркурирование ароматических соединений. Реакция Несмеянова. Симметризация и диспропорционирование ртутьорганических соединений. Ртутьорганические соединения в синтезе органических производных других металлов и органическом синтезе.
81. Борорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Гидроборирование ненасыщенных соединений, региоселективность реакции. Применение борорганических соединений в органическом синтезе.
82. Германийорганические соединения. Основные типы соединений, получение, строение, свойства и реакции. Представление о гипервалентных соединениях. Практическое использование органических производных элементов IVA группы.
83. Олово- и свинецорганические соединения. Основные типы соединений, получение, строение, свойства и реакции. Представление о гипервалентных соединениях. Практическое использование органических производных элементов IVA группы.
84. Кремнийорганические соединения: получение, строение, свойства. Гидросилилирование ненасыщенных производных.
85. Полиорганосилоксаны. Силоловые эфиры. Кремнийорганические соединения в органическом синтезе и промышленности.
86. Литийорганические соединения, их свойства, строение, методы получения и применение в органическом синтезе.
87. Органические соединения ртути: получение, строение, свойства. Меркурирование ароматических соединений. Реакция Несмеянова.
88. Борорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Гидроборирование ненасыщенных соединений, региоселективность реакции. Применение борорганических соединений в органическом синтезе.
89. Органические производные фосфора, основные типы соединений высшей и низшей степеней окисления, методы синтеза, строение, свойства. Гетероциклические соединения фосфора. Применение органических производных элементов V группы в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.
90. Органические производные мышьяка, основные типы соединений высшей и низшей степеней окисления, методы синтеза, строение, свойства. Применение органических производных элементов V группы в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К
КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Брель А. К. Идентификация органических соединений по функциональным группам . Ч. I : учеб. пособие / Брель А. К., Блинцева А. В.; ВолгГМУ Минздрава РФ. - Волгоград : Изд-во ВолгГМУ, 2016. - 91, [5] с. - Текст: непосредственный.
2. Брель А. К. Идентификация органических соединений по функциональным группам . Ч. II : учеб. пособие / Брель А. К., Блинцева Н. В., ; ВолгГМУ Минздрава РФ. - Волгоград : Изд-во ВолгГМУ, 2016. - 100, [4] с. : ил. - Текст: непосредственный.
3. Органическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина [и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. - 640 с. : ил. - 640 с. - ISBN 978-5-9704-4922-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970449226.html> . - Режим доступа : по подписке.
4. Антина, Е. В. Химия биологически активных веществ и жизненных процессов : учебное пособие / Антина Е. В. - Иваново : Иван. гос. хим. -технол. ун-т., 2015. - 303 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_023.html . - Режим доступа : по подписке.
5. Тимофеева, М. Н. Органическая химия. Химия кислородсодержащих соединений : учебное пособие / М. Н. Тимофеева, В. Н. Панченко. - Новосибирск : НГТУ, 2020. - 72 с. - ISBN 978-5-7782-4096-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778240964.html>) . - Режим доступа : по подписке.
6. Хелевина, О. Г. Органическая химия. Полифункциональные производные углеводов : учеб. пособие / Хелевина О. Г. - Иваново : Иван. гос. хим. -технол. ун-т. , 2016. - 97 с. - ISBN --. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_021.html . - Режим доступа : по подписке.
7. Гасаналиева, П. Н. Органическая химия с основами супрамолекулярной химии : учебно-методическое пособие / П. Н. Гасаналиева. — Махачкала : ДГПУ, 2022. — 108 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262238> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Кривенько, А. П. Реакции конденсации ароматических альдегидов и кетонов : учебно-методическое пособие / А. П. Кривенько. — Саратов : СГУ, 2021. — 56 с. — ISBN 978-5-292-04703-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/194764> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Оганесян Э. Т. Органическая химия : учебник / Оганесян Э. Т. - М. : Академия. 2011. - 426 с. : ил. – (Высшее профессиональное образование). - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература:

1. Органическая химия : учебное пособие / Дябло О. В., Гулевская А. В., Пожарский А. Ф., Филатова Е. А. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2017. - ISBN 978-5-9275-2391-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927523917.html> . - Режим доступа : по подписке.
2. Органическая химия : учебное пособие / Филатова Е. А., Гулевская А. В., Дябло О. В., Пожарский А. Ф. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2017. - ISBN 978-5-9275-2392-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927523924.html> . - Режим доступа : по подписке.

3. Колосова, Т. Ю. Органическая химия. Природные соединения : учеб. пособие для студентов мед. ВУЗов, обучающихся по спец. 33. 05. 01 Фармация / Т. Ю. Колосова - Рязань : ООП УИТТиОП, 2018. - 92 с. -- Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ryazgmu_017.html . - Режим доступа : по подписке.
4. Ибрагимов, Ш. Н. Органическая химия углеводов : учебное пособие / Ибрагимов Ш. Н. - Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. - 84 с. - ISBN 978-5-7882-2159-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788221595.html> . - Режим доступа : по подписке.
5. Химия нитропроизводных пиридина / Гильманов Р. З., Фаляхов И. Ф., Г. П. Шарнин, Ф. Г. Хайрутдинов, В. Г. Никитин, З. Г. Ахтямова - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 116 с. - ISBN 978-5-7882-1900-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788219004.html> . - Режим доступа : по подписке.
6. Химия нитропроизводных пиридина / Гильманов Р. З., Фаляхов И. Ф., Г. П. Шарнин, Ф. Г. Хайрутдинов, В. Г. Никитин, З. Г. Ахтямова. - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 116 с. - ISBN 978-5-7882-1900-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788219004.html> . - Режим доступа : по подписке.
7. Горленко, В. А. Органическая химия : учебное пособие. Ч. I, II / В. А. Горленко, Л. В. Кузнецова, Е. А. Яныкина. - Москва : Прометей, 2012. - 294 с. - ISBN 978-5-7042-2345-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704223450.html>
8. Горленко, В. А. Органическая химия : учебное пособие. Ч. III, IV / В. А. Горленко, Л. В. Кузнецова, Е. А. Яныкина. - Москва : Прометей, 2012. - 414 с. - ISBN 978-5-7042-2324-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704223245.html>
9. Горленко, В. А. Органическая химия : учебное пособие. Ч. V, VI / В. А. Горленко, Л. В. Кузнецова, Е. А. Яныкина. - Москва : Прометей, 2012. - 398 с. - ISBN 978-5-7042-2377-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704223771.html>
10. Жолнин А. В. Общая химия : учебник / Жолнин А. В. ; под ред. В. А. Попкова. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 400 с. - ISBN 978-5-9704-2108-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970421086.html> . - Режим доступа : по подписке.
11. Биоорганическая химия : руководство к практическим занятиям : учеб. пособие / под ред. Н. А. Тюкавкиной. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 176 с. - ISBN 978-5-9704-5600-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970456002.html>
12. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учебник / Тюкавкина Н. А., Бауков Ю. И., Зурабян С. Э. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-5415-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970454152.html>

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Проект Научная электронная библиотека (www.elibrary.ru)
2. SciFinder/SciFinderScholar – информационно-поисковая система производства CAS.
<http://www.cas.org/expertise/cascontent/ataglance/>
3. Российская библиографическая патентная база данных (www.fips.ru).
4. База данных по химии SciFinder <https://scifinder.cas.org/>
5. База данных по химии Reaxys <https://www.reaxys.com/reaxys/secured/search.do>
6. Библиографическая база данных Web of Science
7. Кэмбриджская база структурных данных органических и металлоорганических соединений <http://www.ccdc.cam.ac.uk>
8. Библиографическая база данных Scopus <http://www.scopus.com/>
9. Журналы издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
10. Журналы ACS <http://pubs.acs.org/>
11. Журналы Royal Society of Chemistry <http://pubs.rsc.org/>
12. Журналы Synlett, Synthesis <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
13. Журналы издательства Wiley <http://onlinelibrary.wiley.com/subject/code/CH80/titles>
14. Журналы издательства Springer <http://link.springer.com/>
15. Журналы издательства Taylor & Francis <http://www.tandfonline.com/>
16. «Фарматека» - <http://www.pharmateca.ru>