



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»
(ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ)**

УТВЕРЖДЕНА

**И.о. проректора по учебной
и воспитательной работе,
молодежной политике**



ПРОГРАММА

**кандидатского экзамена
по дисциплине «Органическая химия»**

Пермь, 2022

Программа предназначена для подготовки к сдаче кандидатского экзамена по дисциплине *«Органическая химия»*.

Разработчики:
Зав. кафедрой общей химии Акентьева Т.А.

Рассмотрена на заседании кафедры общей химии факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения. Протокол от «11» мая 2022 г. № 11.

Одобрена Методической комиссией факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения. Протокол от «24» мая 2022 г. № 10.

© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2022
© Т.А. Акентьева, 2022

Введение

Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

На кандидатском экзамене аспирант (лицо, прикрепленное для сдачи кандидатского экзамена) должен продемонстрировать умение пользоваться знаниями и умениями, приобретенными в ходе освоения дисциплины.

Целью экзамена является контроль глубины профессиональных знаний, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Кандидатский экзамен по дисциплине «*Органическая химия*» проводится в форме устного экзамена по заранее разработанным билетам. Каждый билет включает в себя 3 вопроса. Ответ на вопросы билета в обязательном порядке составляется в письменном виде в форме тезисов и впоследствии сдается в отдел аспирантуры вместе с протоколом сдачи кандидатского экзамена. Устный ответ осуществляется в виде самостоятельного изложения материала. После устного ответа председатель, заместитель председателя и члены экзаменационной комиссии вправе задать отвечающему уточняющие вопросы к билету. При необходимости задаются дополнительные вопросы сверх билета в рамках программы кандидатского экзамена.

Перечень примерных вопросов для сдачи кандидатского экзамена

1. Основные положения структурной теории органических соединений. Электронные эффекты заместителей. Индуктивный и мезомерный эффекты.
2. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода. Механизмы нуклеофильного замещения (бимолекулярный и мономолекулярный). Стереохимия реакций замещения, обращение конфигурации и рацемизация. Межфазный катализ в реакциях нуклеофильного замещения.
3. Кислотность органических соединений, факторы, влияющие на силу кислот и оснований.
4. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода. Пространственные и электронные эффекты заместителей в субстратах. Уходящие группы, понятие нуклеофильности и нуклеофугности. Анхимерное содействие. Примеры углеродных и гетероатомных электрофилов и нуклеофилов. Амбидентные нуклеофилы, факторы, определяющие региоселективность их реакций. Реакции Арбузова, Финкельштейна, Вильямсона. Проблема переалкилирования аминов, пути её решения.
5. Карбокатионы. Номенклатура. Строение и устойчивость. Типы, способы генерации, примеры реакционной способности. «Неклассические карбокатины».
6. Реакции отщепления. Механизмы E_1 , E_2 . Пространственные и электронные эффекты заместителей в субстратах. Влияние свойств основания и условий

проведения реакции на скорость и механизм реакции. Регио-и стереохимия реакций отщепления. Правила Зайцева и Гофмана. Условия, необходимые для протекания син-элиминирования. Конкуренция между реакциями элиминирования и нуклеофильного замещения.

7. Кислоты и основания Льюиса. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Катализ органических реакций кислотами Льюиса (общий принцип). Поляризуемость ионов и молекул, теория ЖМКО Пирсона.

8. Реакции электрофильного присоединения к алкенам (реакции Ad_E). Классификация механизмов. Протонирование: гидратация, присоединение галогеноводородов и родственные процессы. Механизм реакции: стадийность, π -и σ -комплексы. Региоселективность присоединения. Правило Марковникова. Карбокатионные перегруппировки и циклизации. Электрофильное присоединение с последующим отщеплением. Электрофильное алкилирование. Катионная полимеризация алкенов.

9. Механизмы органических реакций. Классификация механизмов. Понятие о лимитирующей стадии реакции, конкурирующих процессах. Кинетический и термодинамический контроль.

10. Применение методов спектроскопии в органической химии: ИК и УФ-спектроскопия. Основные принципы и применение методов для идентификации органических соединений. Масс - спектрометрический анализ органических соединений.

14. Карбонильные соединения. Строение карбонильной группы. Карбонильные соединения и их производные как электрофилы: общая характеристика. Механизмы присоединения по поляризованным $C=X$ связям. Карбонильная группа как электрофил и как нуклеофил (общий принцип). Электронные и пространственные эффекты. Обратимое присоединение, критерии обратимости. Получение циангидринов.

15. Спектральные методы анализа в органической химии. Физические основы и возможности методов 1H ЯМР и ^{13}C ЯМР спектроскопии в установлении строения органических соединений.

16. Карбонильная группа как электрофил. Присоединение к карбонильной группе O-, N- и S-нуклеофилов (кислотный и основной катализ). Получение и разложение ацеталей, тиоацеталей, оснований Шиффа. Восстановление по Кижнеру – Вольфу. Перегруппировка Бекмана. Окисление по Байеру–Виллигеру.

17. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода. Соотношение понятий «нуклеофильность» и «основность». Факторы, определяющие реакционную способность нуклеофильного реагента. Методы образования связей C-Hal, C-N, C-S, C-P в реакциях нуклеофильного замещения.

18. Способность электрофильного реагента. Методы образования связей C-Hal, C-O, C-S в реакциях электрофильного присоединения.

20. Карбонильная группа как электрофил. Присоединение металлоорганических реагентов (RLi , $RMgX$ и т. п.) к карбонильным соединениям: механизм. Присоединение к сложным эфирам и амидам: хемоселективность. Амиды

Вайнреб. Применение церийорганических производных. Ацетиленид-ион как нуклеофил (реакция Фаворского–Реппе).

19. Кинетика химических реакций. Скорость реакции как функция нуклеофильности и электрофильности субстратов. Шкала Майра. Структурные факторы, влияющие на нуклеофильность и электрофильность.

20. Карбонильная группа как электрофил. Обращение полярности по Кори–Зеебаху. Бензоиновая конденсация. Восстановление карбонильных соединений комплексными гидридами металлов до спиртов и аминов. Пространственные эффекты гидридных восстановителей. Восстановление по Меервейну–Пондорфу–Верлею. Реакция Канниццаро.

21. Карбанионные реагенты, способы их генерации, примеры реакционной способности.

22. Карбонильная группа как электрофил в реакциях с карбанионными реагентами. Нитроалканы в реакциях конденсации (реакция Анри). Взаимодействие карбонильных соединений с илидами серы (реакция Кори–Чайковского) и фосфора. Механизм реакций Виттига и Хорнера–Уодсворта–Эммонса. Стереоселективность образования C=C связи в реакциях Виттига и Хорнера. Другие способы олефинирования (реакции Петерсена и Джулиа).

23. Стереохимия органических соединений. Понятие о конформациях и конфигурациях органических соединений. Способы изображения молекул (проекция Ньюмена, Фишера).

24. Кето-енольная таутомерия. Влияние структурных факторов и растворителя на положение кето-енольного равновесия. Смещение кето-енольного равновесия под действием кислот и оснований. Реакции изотопного обмена и рацемизации при α -карбонильном атоме углерода. Нитрозирование, сульфенилирование и галогенирование кетонов (получение 1,2-дикетонов и α,β -ненасыщенных кетонов). Перегруппировка Фаворского. Галоформная реакция.

25. Циклопарафины. Конформационный анализ.

26. Ароматичность: общие представления. Правило Хюккеля. Диаграммы Фроста. Описание бензола в терминах ММО. Ароматичность заряженных частиц и гетероциклов. ЯМР как метод оценки ароматичности. Антиароматичность.

27. Альдольная реакция: механизмы, кислотный и основной катализ, хемоселективность для разных пар карбонильных соединений. Кротоновая конденсация, условия проведения. Сложноэфирная конденсация Кляйзена, циклизация Дикмана. Конденсация кетонов со сложными эфирами как метод синтеза 1,3-дикетонов. Перекрестная конденсация сложных эфиров с эфирами муравьиной, угольной и щавелевой кислот, с эфирами ароматических кислот. Направленная альдольная реакция: использование в качестве метиленовой компоненты енолятов β -дикарбонильных соединений (с последующим декарбоксилированием или дезацилированием) и их аналогов. Реакция Кневенагеля. Эфиры α -галогензамещенных кислот как метиленовая компонента (реакция Дарзана).

28. Методы создания С-С связей в реакциях электрофильного присоединения и замещения. Примеры различных типов реакций. Электрофильные реакции аренов. Механизм электрофильного замещения. Устойчивость σ -комплексов. Влияние заместителей в ароматическом кольце на реакционную способность, хемо-и региоселективность. Типы электрофилов. Бромирование, нитрование, сульфирование. Алкилирование по Фриделю-Крафтсу.
29. Хиральность. Энантиомеры и диастереомеры. Виды хиральности. Абсолютная и относительная конфигурации. Рацематы. Оптическая активность. Мезо-формы. R/S-номенклатура. E/Z-и цис-/транс-номенклатура.
30. Методы восстановления органических соединений. Реакции гетерогенного гидрирования. Восстановление атомарным водородом. Ионное гидрирование. Реакция Клеменсена.
31. Нуклеофильное замещение в ароматическом кольце. Механизм присоединения-отщепления (S_NAr), сравнение с реакциями нуклеофильного замещения при алифатическом атоме углерода. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера. Нуклеофилы, вступающие в реакцию S_NAr . Уходящие группы в реакциях S_NAr , порядок их реакционной способности. Активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Представление о викариозном нуклеофильном замещении атома водорода, кинетический контроль. Реакция Чичибабина. Нуклеофильное замещение в ароматическом кольце. Механизм отщепления-присоединения. Влияние заместителей на региоизбирательность замещения. Типы нуклеофилов и субстратов, способные реагировать по механизму отщепления-присоединения, относительная реакционная способность разных субстратов. Методы генерирования и фиксации дегидробензола.
32. Радикальные реакции. Гомолитический разрыв связей, примеры инициаторов. Радикальное замещение с разрывом С-Н связи (галогенирование, сульфогалогенирование, окисление кислородом). Региоизбирательность, границы применения синтетических методов. Радикальное сдвигание ацетиленов (реакция Глазера). Радикальное аллильное галогенирование.
33. Методы синтеза алкенов, алкинов, алкадиенов, циклоалканов
34. Перициклические реакции. [3,3]-Сигматропные перегруппировки, общие представления. Перегруппировки Кляйзена и Коупа. Типы субстратов, стереоспецифичность реакций, критерии обратимости, термодинамический и кинетический контроль. Синтетические примеры. Представление о анионных перегруппировках (окси-перегруппировка Коупа и т. п.).
35. Методы синтеза спиртов, тиолов, альдегидов, кетонов.
36. [2+2]-Циклоприсоединение: орбитальные требования, типы субстратов, типы инициирования. Межмолекулярный и внутримолекулярный варианты. Регио-и стереоспецифичность. [3+2] Циклоприсоединение: диполи и диполярофилы (типы субстратов), механизм взаимодействия. Межмолекулярный и внутримолекулярный варианты, регио-и стереоспецифичность. Click-реакция Шарплесса.
37. Методы синтеза фенолов, простых эфиров и эпоксидов.

38. Перициклические реакции. Общие представления. [4+2]-Циклоприсоединение (реакция Дильса-Альдера). Типы субстратов, хемо-, регио- и стереоспецифичность. Эндо-правило, его обоснование.
39. Методы синтеза карбоновых кислот, солей карбоновых кислот, липидов (жиров)
40. Реакции электрофильного ароматического замещения (SEAr). Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты (спирты, алкены, алкилгалогениды). Механизм и селективность реакции.
41. Методы синтеза аминов, амидов и diaзосоединений.
42. Методы синтеза нитросоединений и нитрилов.
43. Металлокомплексный катализ.
44. Методы синтеза ангидридов и галогенангидридов карбоновых кислот.
45. Методы окисления органических соединений.
46. Металлокомплексный катализ: реакции кроссочетания винил-и арилгалогенидов с медьорганическими производными. Реакция Соногаширы. Типы субстратов. Стадии каталитического цикла, синтетические примеры.
47. Защитные группы. Общий принцип использования. Защитные группы для карбонильных соединений. Критерии выбора. Методы постановки и снятия.
48. Защитные группы. Общий принцип использования. Классические защитные группы для аминов. Критерии выбора. Методы постановки и снятия.
49. Литий- и магнийорганические соединения.
50. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом (фуран, пиррол, тиофен). Общие методы получения из ациклических соединений. Ароматичность.
51. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом (пиридин). Строение, ароматические свойства.
52. Борорганические соединения.
53. Фосфорорганические соединения.
54. Монокарбоновые кислоты. Гомологический ряд. Изомерия. Методы получения. Высшие карбоновые кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая.
55. Амиды карбоновых кислот. N,N-диметилформамид. Никотинамид (витамин PP). Нитрилы и их свойства.
56. Нитросоединения. Методы получения. Свойства ароматических нитрогалоидпроизводных и тринитрофенола.
57. Амины как производные углеводов и аммиака. Классификация: первичные, вторичные и третичные амины. Ароматические амины. Изомерия. Номенклатура. Методы получения. Химические свойства аминов.
58. Diazosоединения, соли diaзония, diaзогидраты и diaзотаты. Амино- и гидроксидазосоединения. Азокрасители.
59. Оксо- и оксикарбоновые кислоты. Важнейшие представители.
60. Классификация углеводов: простые (моносахариды, монозы), сложные (дисахариды или биозы, полисахариды). Химические свойства.
61. Перегруппировки в карбокатионных интермедиах. Классификация перегруппировок.

62. Масс-спектрометрия. Хроматомасс-спектрометрия. ЯКР-метод изучения динамической структуры кристаллов.
63. Основные положения квантовой химии.
64. Небензойдные ароматические катионы (катионы тропилия, ксантилия, N-метилакридилия). Методы синтеза, химические свойства.
65. Азометины, получение, химические свойства.

Содержание разделов и тем кандидатского экзамена по дисциплине «Органическая химия»

1. Теории органических соединений

1.1. «Основные положения структурной теории органических соединений»

Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова. Основные положения структурной теории органических соединений.

1.2. «Электронное строение органических молекул, Электронные эффекты заместителей»

Электронное строение органических молекул в терминах метода валентных связей и метода молекулярных орбиталей. Строение углеродного скелета. Модель гибридизации АО, σ -и π -связи. Теория резонанса. Электронные эффекты заместителей. Индуктивный и мезомерный эффекты.

1.3. «Положения квантовой химии»

Основные положения квантовой химии. Приближение МО-ЛКАО. Понятие о полуэмпирических методах, основанных на приближении Хартри-Фока. Метод граничных орбиталей. Зарядовый и орбитальный контроль органических реакций. Основы методов *ab initio*.

2. Механизмы органических реакций. Кинетика химических реакций.

2.1. «Механизмы и кинетика химических реакций»

Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода. Механизмы нуклеофильного замещения (бимолекулярный и мономолекулярный). Стереохимия реакций замещения, обращение конфигурации и рацемизация. Межфазный катализ в реакциях нуклеофильного замещения. Нуклеофильное замещение у насыщенного атома углерода. Пространственные и электронные эффекты заместителей в субстратах. Уходящие группы, понятие нуклеофильности и нуклеофугности. Анхимерное содействие. Примеры углеродных и гетероатомных электрофилов и нуклеофилов. Амбидентные нуклеофилы, факторы, определяющие региоселективность их реакций. Реакции Арбузова, Финкельштейна, Вильямсона. Проблема переалкилирования аминов, пути её решения. Реакции отщепления. Механизмы E_1 , E_2 . Пространственные и электронные эффекты заместителей в субстратах. Влияние свойств основания и условий проведения реакции на скорость и механизм реакции. Регио-и стереохимия реакций отщепления. Правила Зайцева и Гофмана. Условия, необходимые для протекания син-элиминирования. Конкуренция между реакциями элиминирования и нуклеофильного замещения. Реакции

электрофильного ароматического замещения (SEAr). Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты (спирты, алкены, алкилгалогениды). Механизм и селективность реакции. Побочные процессы: изомеризация алкилирующего реагента и продукта реакции, полиалкилирование и дезалкилирование. Синтез диарил- и триарилметанов. Ацилирование ароматических углеводов по Фриделю-Крафтсу: ацилирующие реагенты, механизм и селективность реакции. Формилирование ароматических углеводов по Гаттерману, Вильсмайеру-Хааку и др. Особенности этих реакций, сфера их применимости.

3. Кислотность органических соединений

3.1. «Кислотность органических соединений»

Кислотность органических соединений», представления об О-Н, N-Н, С-Н кислотности. Структурные факторы, влияющие на силу кислот и оснований.

3.2. «Кислоты и основания Льюиса, принцип ЖМКО».

Кислоты и основания Льюиса. Жесткие и мягкие кислоты и основания. Катализ органических реакций кислотами Льюиса (общий принцип). Поляризуемость ионов и молекул, теория ЖМКО Пирсона.

4. Понятие о промежуточных частицах (интермедиатах)

4.1. «Промежуточные частицы (интермедиаты)»

Промежуточные частицы (интермедиаты): свободные радикалы, катионы (карбокатионы), анионы (карбанионы), карбены. Устойчивость промежуточных частиц. Карбокатионы. Номенклатура. Строение и устойчивость. Типы, способы генерации, примеры реакционной способности. Карбанионные реагенты. Различные типы карбанионных реагентов, способы их генерации, обсудите примеры реакционной способности.

4.2. «Неклассические карбокатины».

Небензойдные ароматические катионы (катионы тропилия, ксантилия, N-метилакридилия). Методы синтеза, химические свойства.

5. Инструментальные физико-химические методы анализа в органической химии.

5.1. «Спектральные методы анализа в органической химии»

Спектральные методы анализа в органической химии. Физические основы и возможности методов ^1H и ^{13}C ЯМР спектроскопии в установлении строения органических соединений. Масс-спектрометрия. Хроматомасс-спектрометрия. Методы ионизации тяжелых молекул. Исследование природных соединений. Масс-спектрометрия высокого разрешения, ее применение. Информация, получаемая из масс-спектров. Спектроскопия ЯМР – применение в химии. Низкотемпературный ЯМР. Методы установления структуры. Эффект Оверхаузера – его природа и применение. Колебательные спектры. ИК- и КР-спектроскопия. Характеристические частоты. Правила отбора.

6. Углеводороды

6.1. «Непредельные углеводороды»

Реакция Дильса-Альдера. [2+2]-Циклоприсоединение: орбитальные требования, типы субстратов, типы инициирования. Межмолекулярный и внутримолекулярный варианты. Регио-и стереоспецифичность. Синтетические примеры. [3+2] циклоприсоединение: диполи и диполярофилы (типы субстратов), механизм взаимодействия. Межмолекулярный и внутримолекулярный варианты. Регио-и стереоспецифичность. Click-реакция Шарплесса. Перициклические реакции. Общие представления. [4+2]-Циклоприсоединение (реакция Дильса-Альдера).

6.2. «Циклопарафины»

Устойчивость циклопарафинов. Классификация циклопарафинов. Конформационный анализ

6.3. Арены

Ароматичность: общие представления. Правило Хюккеля. Диаграммы Фроста. Описание бензольных терминах ММО. Ароматичность заряженных частиц и гетероциклов. ЯМР как метод оценки ароматичности. Антиароматичность. Методы создания С-С связей в реакциях электрофильного присоединения и замещения. Примеры различных типов реакций. Электрофильные реакции аренов. Механизм электрофильного замещения. Устойчивость σ -комплексов. Влияние заместителей в ароматическом кольце на реакционную способность, хемо-и региоселективность. Типы электрофилов. Бромирование, нитрование, сульфирование. Алкилирование по Фриделю-Крафтсу.

7. Методы восстановления органических соединений.

7.1. «Металлокомплексный катализ»

Металлокомплексный катализ: каталитическое гидрирование кратных связей на гомогенных катализаторах. Восстановление алкенов и карбонильных соединений (примеры каталитических циклов). Представление об асимметрическом гидрировании.

7.2. Восстановление азометинов

Реакции восстановления азометинов при помощи гидрирующей пары

8. Перегруппировки в органическом синтезе

8.1. «Перегруппировки как метод синтеза»

Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах. Классификация перегруппировок: пинаколиновая и ретропинаколиновая, перегруппировка Демьянова. Перегруппировка Вагнера—Мейервейна. Перегруппировки с миграцией к атому азота (Гофмана, Курциуса, Бекмана). Реакция Байера-Виллигера.

9. Оксо- и оксисоединения

9.1. «Карбоновые кислоты и их производные»

Классификация оксокарбоновых кислот. 2-Оксокарбоновые кислоты: глиоксиловая и пировиноградная. 3-Оксокарбоновые кислоты: формил- и

ацетоуксусные кислоты и их неустойчивость. Номенклатура. Изомерия. Получение: окисление этиленгликоля и молочной кислоты, гидролиз гемдихлорзамещенных карбоновых кислот, пиролиз виноградной кислоты. Пировиноградная кислота, ее участие в биохимических процессах. Ацетоуксусная кислота.

9.2. «Углеводы»

Классификация углеводов: простые (моносахариды, монозы), сложные (дисахариды или биозы, полисахариды). Монозы. Строение: неразветвленная углеродная цепь, наличие гидроксильных, карбонильной групп. Альдозы и кетозы. Гексозы: глюкоза и фруктоза. Пентозы: рибоза и дезоксирибоза. Оксо- (ациклическая) и полуацетальная формы. Конфигурационная изомерия. □- и □-Формы моноз. Перспективные формулы Хеуорса моносахаридов. Явление мутаротации в водных растворах моносахаридов. Химические свойства: восстановление, окисление, реакции с циановодородом, гидроксиламином, арилгидразином, метилирование, ацетилирование.

10. Азотосодержащие органические соединения

10.1. «Амины, амиды, аминокислоты»

Амины как производные углеводородов и аммиака. Классификация: первичные, вторичные и третичные амины. Ароматические амины. Изомерия. Номенклатура. Методы получения. Химические свойства аминов. Основные свойства аминов и образование солей. Кислотно-основные свойства. Амины как нуклеофилы: N-алкилирование и N-ацилирование. Электрофильное замещение в ароматических аминах: бромирование в воде, сульфонирование, нитрование. Реакции первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой, механизм реакции диазотирования. Понятие о диаминах. Защитные группы. Общий принцип использования. Амиды карбоновых кислот. N,N-диметилформамид. Никотинамид (витамин PP). Нитрилы и их свойства: омыление, восстановление. Акрилонитрил, его получение, полимеризация и сополимеризация. Нуклеофильные свойства карбоновых кислот реакции с хлоридами P (III), P (V) и S (IV). Галогенангидриды и ангидриды карбоновых кислот. Ацилирование. Зависимость активности ацилирующих агентов от их строения.

10.2. «Нитросоединения и нитрилы»

Определение, классификация, изомерия, номенклатура нитросоединений. Методы получения. Строение нитрогруппы. Индуктивный и мезомерный эффекты. Химические свойства: свойства псевдокислоты, свойства C-N кислоты: реакции с карбонильными соединениями, реакции с азотистой кислотой. Восстановление нитросоединений, механизм восстановления в кислой и щелочной средах. Активирующее влияние нитрогруппы на *o*- и *p*-заместители в ароматическом ядре. Свойства ароматических нитрогалоидпроизводных и тринитрофенола.

10.3. «Азометины и diaзосоединения»

Имины. Диазосоединения. Зависимость их строения от рН среды: соли диазония, диазогидраты и диазотаты. Влияние природы углеводородного радикала на устойчивость диазокатиона. Реакция диазотирования: условия и постадийная схема протекания. Химические свойства. Условия сочетания с фенолами и аминами. Механизм сочетания. Амино- и гидроксидазосоединения. Азокрасители. Гелиантин (метилоранж).

11. Элементоорганические- и металлоорганические соединения

11.1. «Борорганические соединения»

Борорганические соединения. Гидрид бора (боран), триалкил- и триарилбораны. Эфират трифторида бора и использование его в качестве катализатора.

11.2. «Фосфорорганические соединения»

Фосфорорганические соединения. Применение фосфорорганических соединений в тонком органическом синтезе.

11.3. «Металлоорганические соединения»

Литий- и магнийорганические соединения: способы получения (восстановление галогенидов металлами, переметаллирование, обмен галогена на металл), реакционная способность по отношению к кислотам и электрофилам. Металлокомплексный катализ: метатезис олефинов, кросс-метатезис олефинов (требования к субстратам, синтетические примеры). Катализаторы Граббса, каталитический цикл. Реакционная способность замещенных двойных связей. Реакции раскрытия и замыкания циклов. Применение реакции для макроциклизации. Алкен-алкиновый метатезис. Межмолекулярный и внутримолекулярный варианты. Субстраты, катализаторы, каталитический цикл. Медьорганические соединения, способы получения. Присоединение органических купратов по кратным связям: присоединение к алкинам (реакция Нормана) и акцепторным алкенам (присоединение карбанионных реагентов по Михаэлю). Механизм, регио-и стереоизбирательность. Аллильное замещение под действием купратов.

12. Гетероциклические соединения

12.1. «Пятичленные циклы»

Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом (фуран, пиррол, тиофен). Общие методы получения из ациклических соединений. Ароматичность фурана, пиррола и тиофена и ее причины. Химические свойства. Действие кислот и оснований, реакции присоединения (гидрирование). Реакции замещения: нитрования, сульфонирования и ацилирования гетероциклов, используемые реагенты.

12.2. «Шестичленные циклы»

Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом (пиридин). Строение, ароматические свойства. Пиридин. Способы получения. Химические свойства пиридина: электрофильное и нуклеофильное замещение в пиридиновом кольце.

Кислотно-основные свойства. Восстановление. Физиологически активные вещества: никотиновая кислота, никотинамид, кордиамин.

Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. Органическая химия: в 4 ч. Ч.1 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 9-е изд., электрон. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. – 570 с. изд. – М.: – Лаборатория знаний. 2017. – 567 с.
2. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 2 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 10-е изд., электрон. М. : Лаборатория знаний, 2021. – 626 с.
3. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 3 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 10-е изд., электрон. М. : Лаборатория знаний, 2021. – 544 с.
4. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 4 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 10-е изд., электрон. М. : Лаборатория знаний, 2022. – 726 с.
5. Юровская М.А., Куркин А.В. Основы органической химии. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2017. – 240 с.
6. Травень, В.Ф. Органическая химия. В 3 т. Т.1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Ф. Травень . – 7-е изд. (эл.). – М. : Лаборатория знаний, 2020 – 401с. – (Учебник для высшей школы). – Дериватив. эл. изд. на основе печ. аналога (М.: Лаборатория знаний, 2019); Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 401 с.); Систем. требования: Adobe Reader XI; экран 10». – ISBN 978-5-00101-746-2 (Т.1). – ISBN 978-5-00101-745-5. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/443555>

Дополнительная литература

1. Юнникова Л.П. Органический синтез: учебное пособие / Л.П. Юнникова, В.Ю. Горохов, Т.А. Акентьева. - Пермь: Изд-во ФГОУ ВО «Пермский ГАТУ». 2017.- 126с.
2. Каталог органических реагентов / Л.П. Юнникова, В.Ю. Горохов, Т.А. Акентьева; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технолог. ун-т. им. акад. Д.Н. Прянишникова».– Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2017. – 36 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронный каталог библиотеки Пермского ГАТУ: базы данных, содержащие сведения о всех видах литературы, поступающей в фонд библиотеки Пермского ГАТУ : [сайт]. – Пермь, 2005.– URL: <https://pgsha.ru/generalinfo/library/webirbis/>.
2. Электронная библиотека / Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова : [сайт]. – Пермь, 2014. – URL: <https://pgsha.ru/generalinfo/library/elib/>.

3. ConsultantPlus (КонсультантПлюс) : компьютерная справочно-правовая система. – Москва, 1992. – Режим доступа: для авторизованных пользователей.
4. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : [сайт]. – Москва, 2000. –URL: <http://elibrary.ru/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. Polpred.com (Полпред.ком) : электронно-библиотечная система: [сайт]: [доступ к электронным изданиям «Агропром в РФ и за рубежом»].– Москва, 2007. –URL: <https://polpred.com/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
6. Библиокомплектатор : электронно-библиотечная система : [сайт]: [коллекции «Информатика и вычислительная техника», «Геодезия. Землеустройство», «Технические науки»].– Саратов, 2012. –URL: <http://www.bibliocomplectator.ru/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
7. Гребенникон: электронная библиотека: [сайт].– Москва, 2011. –URL: <http://grebennikon.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
8. Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]: [коллекции «Ветеринария и сельское хозяйство», «Лесное хозяйство и лесоинженерное дело», «Инженерно-технические науки», «Информатика», «Технологии пищевых производств»]. – Санкт-Петербург, 2011– . –URL: <http://e.lanbook.com/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
9. Руконт : национальный цифровой ресурс: межотраслевая электронная библиотека : [сайт] : [коллекции «Электронная библиотека авторефератов диссертаций ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», «Сельское хозяйство. Лесное дело»].– Москва, 2013. –URL: <https://lib.rucont.ru/search>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
10. Юрайт : электронно-библиотечная система: [сайт].– Москва, 2013. –URL: <https://urait.ru/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
11. Сетевая электронная библиотека (СЭБ) : [сайт]. – Санкт-Петербург, 2020. –URL: <http://e.lanbook.com/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

Архив КОНТРАКТОВ на предоставление доступа к электронно-библиотечным системам представлен на сайте Университета (<https://pgsha.ru/generalinfo/library/accreditation/>).

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА КАНДИДАТСКОМ ЭКЗАМЕНЕ

Оценка	Характеристики ответа *
5	<ul style="list-style-type: none"> - экзаменуемый глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения
4	<ul style="list-style-type: none"> - экзаменуемый усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения
3	<ul style="list-style-type: none"> - экзаменуемый усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений
2	<ul style="list-style-type: none"> - экзаменуемый не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений

Кандидатский экзамен оценивается председателем, заместителем председателя и членами экзаменационной комиссии по пятибалльной шкале, далее экзаменуемому выставляется итоговая оценка от 2 до 5 баллов. Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя.