



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

Программа вступительного испытания
по специальной дисциплине
для поступающих на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре по научной специальности

1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Волгоград, 2023

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

I. Химическая связь и строение органических соединений

1.1. Современные представления о природе химической связи. Электронные представления о природе связей. Типы связей в органической химии. Гибридизация атомов углерода и азота. Электронные эффекты. Электроотрицательность атомов и групп. Атомные и молекулярные орбитали. Основные положения квантовой химии: квантование энергии, принцип неопределенности, дуализм. 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. Теория возмущений МО. Возмущения первого и второго порядков. Индексы реакционной способности. Метод граничных орбиталей. Зарядовый и орбитальный контроль органических реакций. Понятие о резонансе (сопряжении) в классической и квантовой химии. Сопряжение в методе МО Хюккеля Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Мезоионные соединения. А«тиароматичность.

1.2. Стереохимия. Пространственное строение органических молекул. Пространственное взаимодействие несвязанных атомов и групп, ван-дер-ваальсовы радиусы Понятие о конформации молекулы. Вращение вокруг связей: величины и симметрия потенциальных барьеров. Факторы, определяющие энергию конформеров. Влияние эффектов сопряжения на стабильность конформеров. Номенклатура конформеров. Угловое напряжение и другие типы напряжения в циклических системах. Средние циклы и трансаннулярные взаимодействия. Инверсия циклов и азотсодержащих соединений. Связь конформации и реакционной способности. Принцип Кертвина-Гаммета. Стерический и стереоэлектронный контроль реакций. Стереоселективность и стереоспецифичность. Пространственное строение этиленовых и диеновых систем. Номенклатура геометрических изомеров. Конформация диенов и триенов. Атропоизомерия. 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. Способы получения и разделения энантиомеров. Оптическая чистота и методы ее определения. Определение абсолютной и относительной конфигурации. Понятие о дисперсии оптического вращения и круговом дихроизме.

2. Общие принципы реакционной способности

2.1. Классификация реакций по типу образования и разрыва связей в лимитирующей стадии, по типу реагента и по соотношению числа молекул реагентов и продуктов. Теория переходного состояния. Гиперповерхность потенциальной энергии, координата и энергетический профиль реакции. Термодинамические параметры активации. Кинетические уравнения основных типов реакций. Методы экспериментального изучения кинетики и механизмов реакций Эмпирический (экстратермодинамический) подход к реакционной способности. Корреляционные уравнения, принцип линейности свободных энергий Гиббса. Уравнения Гаммета и Тафта. Связь параметров корреляционных уравнений с механизмом реакций. Количественная теория кислот и оснований. Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кислотно-основное равновесие. Понятие рН. Кинетическая и термодинамическая кислотность. Уравнение Бренстеда. Общий и специфический кислотно-основный катализ. Суперкислоты. Функции кислотности. Постулат Гаммета. Принцип ЖМКО; его обоснование на основе теории возмущений МО.

2.2. Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций. Специфическая и неспецифическая (универсальная) сольватация. Клеточный эффект. Водородная связь. Классификация и шкалы параметров растворителей. Влияние сольватации на скорость и равновесие органических реакций. Уравнения Уинстейна и Грюнвальда,

Коппеля-Пальма. Кислотность и основность в газовой фазе. Ассоциация ионов. Типы ионных пар и доказательства их существования. Влияние ассоциации ионов на их реакционную способность. Уравнение Акри. Межфазный катализ. Краун-эфиры, криптанды, поданды, катализаторы межфазного переноса. Понятие о супрамолекулярной химии. 2.3. Основные типы интермедиатов. Карбениевые ионы (карбокатионы). Генерация карбокатионов в растворах и в газовой фазе. Влияние структурных и сольватационных факторов на стабильность карбокатионов. Строение карбокатионов. Понятие о неклассических ионах. Основные типы реакций карбокатионов и области их синтетического использования. Скелетные перегруппировки и гидридные сдвиги в карбокатионах. Карбанионы и СН-кислоты. Влияние структурных и эффектов среды на стабилизацию карбанионов. Основные реакции карбанионов, анионные перегруппировки. Амбидентные и полиидентные анионы. Карбены. Электронная структура, синглетное и триплетное состояние карбенов. Методы генерации карбенов и использование их в органическом синтезе. Нитрены, их генерация, строение и свойства. Свободные радикалы и ион-радикалы. Методы генерирования радикалов. Электронное строение и факторы стабилизации свободных радикалов. Типы стабильных свободных радикалов. Основы методов ЭПР и ХПЯ. Катион- и анион-радикалы. Методы генерирования и свойства. Основные реакции ион-радикалов. Комплексы с переносом заряда.

3. Основные типы органических реакций и их механизмы

3.1. Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Механизмы S_N1 и S_N2 , смешанный ионно-парный механизм. Влияние структуры субстрата и полярности растворителя на скорости и механизм реакции. Анхимерное содействие и синергетическое ускорение, участие соседних групп, перегруппировки в ходе нуклеофильного замещения. Корреляционные уравнения Суэйна—Скотта и Эдвардса.

3.2. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре. Типичные механизмы нуклеофильного замещения у sp^2 -гибридного атома углерода. Винильный катион. Моно- и бимолекулярные процессы нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Катализ переходными металлами. Нуклеофильное замещение в нитропроизводных бензола. Нуклеофильное замещение в ароматических гетероциклах. 3.3. Электрофильное замещение у атома углерода. Механизмы замещения S_E1 , S_E2 , S_Ei . Нуклеофильный катализ электрофильного замещения. Влияние структуры субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакций. Замещение у олефинового атома углерода и в ароматическом кольце. Генерирование электрофильных реагентов. Правила ориентации и их молекулярно-орбитальная интерпретация. Электрофильное замещение других групп, кроме водорода. Ипсо-замещение. Кинетические изотопные эффекты.

3.4. Реакции элиминирования (отщепления). Механизмы гетеролитического элиминирования E_i и E_c . Стереoeлектронные требования и стереоспецифичность при E_2 -элиминировании.

3.5. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям. Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофилы, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций. Присоединение к сопряженным системам. Катионная полимеризация олефинов. Нуклеофильное присоединение по кратным связям $C=C$. Механизм процесса. Влияние структуры нуклеофила и субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакции. Реакция Михаэля. Анионная полимеризация олефинов.

3.6. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе: присоединение оснований, включая карбанионы, металлоорганических соединений. Реакция Анри. Кислотный и основной катализ присоединения. Енолизация альдегидов и кетонов. Механизм этерификации кислот и получение ацеталей. Конденсации карбонильных соединений, карбоновых кислот и их производных.

3.7. 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.

3.8. Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования. Цепные радикальные реакции. Полимеризация, теломеризация, реакции автоокисления. Ингибиторы, инициаторы и промоторы цепных реакций. Редокс-реакции. Электросинтез органических соединений.

3.9. Молекулярные реакции (*цис-транс-изомеризация*, распад молекул, размыкание циклов). Коарктатные реакции.

3.10. Согласованные реакции. Концепция сохранения орбитальной симметрии и правила Вудворда—Гофмана.

3.11. Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений. Прототропные и сигматропные перегруппировки. Правило Корнблума. Кето-енольное равновесие. Нитросоединения и нитроновые кислоты, нитрозосоединения и оксимы. Металлотропия.

3.12. Основы фотохимии органических соединений. Синглетные и триплетные состояния, флуоресценция и фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия. Основные типы фотохимических реакций. Явление фотохромизма.

II. Ациклические соединения

1. Алканы. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Природные источники алканов. Промышленные методы получения. Лабораторные способы получения. Строение алканов. Физические свойства. Химические свойства. Применение.

2. Алкены. Гомологический ряд. Общая формула. Структурная изомерия. Номенклатура. Способы получения. Промышленные методы получения. Лабораторные способы получения. Строение алкенов. Физические свойства. Химические свойства. Применение в органическом синтезе.

3. Алкадиены. Гомологический ряд. Общая формула. Структурная изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Углеводороды с сопряженными двойными связями. Характеристика связей. Окисление и озонлиз. Реакции полимеризации и сополимеризации. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.

4. Алкины. Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение. Полимеризация ацетилена. Промышленные синтезы на основе ацетилена.

5. Применение спектральных методов для исследования строения органических соединений. Инфракрасные спектры. Электронные спектры ЯМР-спектроскопия. Масс-спектроскопия. Спектральная характеристика углеводородов жирного ряда.

6. Оптическая изомерия органических соединений. Оптическая активность. Удельное вращение. Хиральность. Проекционные формулы Фишера. Stereoизомерия. Роль оптически активных соединений в живой природе.

7. Галогенопроизводные углеводородов. Ряд галогеналканов. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение. Полигалогеналканы. Галогенпроизводные непредельных углеводородов. Винилгалогениды. Аллилгалогениды. Фторзамещенные непредельных углеводородов.

8. Металл - и элементоорганические соединения. Металлорганические соединения. Характер связи углерод - металл. Ионный и радикальный разрыв связи углерод - металл. Реактивы Гриньяра. Определение активности водорода по Чугаеву - Церевитинову.

Значение магний - и литийорганических соединений для синтетической органической химии. Кремнийорганические соединения. Силиконы и полисилоксаны.

9. Фосфор. Эфиры алкилфосфоновых кислот, получение и перегруппировка Арбузова. Реакции Фиттинга и Хорнера.

10. Одноатомные спирты. Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение. Перегруппировка Вагнера - Мейервейна. Ненасыщенные спирты. Правило Эльтекова.

11. Многоатомные спирты. Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение. Пенаколиновая перегруппировка. Трехатомные спирты. Применение этиленгликоля и глицерина в промышленности.

12. Простые эфиры. Изомерия и номенклатура. Способы получения: межмолекулярная дегидратация, реакция Вильямсона. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства. Автоокисление. Основность. Образование оксониевых соединений. Диэтиловый эфир, диоксан, тетрагидрофуран.

13. Эпоксисоединения. Структурная и геометрическая изомерия. Номенклатура. Химические свойства. Оксид этилена, способы получения и применение в органическом синтезе.

14. Тиоспирты, тиоэфиры, сульфокислоты. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Способы получения. Применение.

15. Нитросоединения. Гомологический ряд мононитроалканов. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение нитрогруппы. Нитрометан, получение и применение в технике. Полинитросоединения.

16. Амины. Классификация. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение. Четвертичные аммониевые соли и основания. Правило Гофмана. Понятие о диаминах. Синтетическое волокно "нейлон".

17. Насыщенные альдегиды и кетоны. Общая формула. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Правило Попова - Вагнера. Реакция Канницаро. Строение карбонильной группы.

18. Ненасыщенные альдегиды и кетоны. Изомерия. Классификация. Кетены. Дикетен. а,б –Ненасыщенные альдегиды и кетоны. Акролеин.

19. Одноосновные карбоновые кислоты и их производные. Гомологический ряд насыщенных карбоновых кислот. Общая формула. Изомерия. Ацилы, их номенклатура. Физические свойства. Химические свойства. Строение карбоксильной группы. Функциональные производные карбоновых кислот. а,б -Ненасыщенные кислоты. Акриловая и метакриловая кислоты и их эфиры, технические способы их получения и применение. Акрилонитрил. Высшие жирные кислоты.

20. Многоосновные кислоты. Двухосновные карбоновые кислоты. Номенклатура. Особенности физических и химических свойств. Кислотность. Щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая и адипиновая кислоты, технические способы их получения и свойства. Двухосновные ненасыщенные кислоты.

21. Галогенозамещенные кислоты. Классификация и номенклатура. Способы получения. Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы.

22. Аминокислоты. Классификация и номенклатура. Способы получения: гидролиз, аммонолиз, по Штреккеру и Н.Д. Зелинскому, реакция В.М. Родионова. Физические свойства, спектральные характеристики. Химические свойства.

22. Альдегидо - и оксокислоты. Номенклатура. Глиоксалева, пировиноградная и ацетоуксусная кислоты. Способы получения и свойства. Отношение к нагреванию. Ацетоуксусный эфир. Получение из дикетена и уксусноэтилового эфира. Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Натрийацетоуксусный эфир. Его получение и строение.

III. Циклические соединения.

1. Алициклические соединения.

Классификация и изомерия алициклических соединений. Номенклатура. Алициклические соединения в природе. Нефть как источник циклоалканов. Способы получения: циклизация дигалогеналканов, дикарбоновых кислот и их солей, синтеза с помощью малонового эфира, внутримолекулярная сложноэфирная конденсация (реакция Дикмана), гидрирование ароматических соединений, дегидроциклизация алканов. Получение алициклических соединений циклизацией непредельных соединений. Электроциклические реакции: термические и фотохимические. Правило Вудворда - Гофмана. Реакции циклоприсоединения. Реакции Дильса -Альдера. Строение циклоалканов, циклоалкенов, циклоалкадиенов, получение, свойства, применение.

2. Ароматические соединения. Причины выделения ароматических соединений в особый ряд. Понятие ароматичности. Развитие представлений о строении бензола. Формула Кеккуле. Современные электронные и квантовохимические представления о строении бензола. Длина связей и энергия сопряжения бензола, методы ее определения. Магнитная характеристика. Объяснения особых свойств бензола. Критерии ароматичности ароматических органических соединений. Правило Хюккеля. Небензоидные карбо- и гетероциклические ароматические соединения. Графический метод определения ароматичности, построение схемы молекулярных орбиталей. Антиароматичность. Электрофильное замещение в ароматическом ядре. Примеры реакций электрофильного замещения; нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование, сульфирование бензолов. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения.

1. Ароматические соединения ряда бензола. Общая формула. Номенклатура. Изомерия. Источники ароматических соединений. Синтетические методы получения бензола и его гомологов. Реакции Вюрца-Фиттинга и Фиделя-Крафтса. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства.

2. Галогенопроизводные ароматических углеводородов. Гомологический ряд. Номенклатура. Изомерия. Классификация. Способы получения. Химические свойства.

3. Сульфокислоты. Номенклатура. Изомерия. Способы получения. Функциональные производные сульфокислот.

4. Нитросоединения. Номенклатура. Изомерия. Классификация. Способы получения. Физические свойства. Химические свойства. Полинитросоединения ароматического ряда.

5. Ароматические амины. Номенклатура. Изомерия. Классификация. Способы получения. Физические свойства. Химические свойства.

6. Диазо- и азосоединения. Реакция диазотирования, условия проведения, механизм. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость реакции. Строение диазосоединений. Физические свойства. Химические свойства. Реакции без выделения азота.

7. Фенолы. Хиноны. Одноатомные фенолы. Способы получения : из арилгалогенидов, из сульфокислот, из ароматических аминов. Получение фенола из изопропилбензола (кумольный метод). Физические свойства. Химические свойства. Кислотность фенола, ее причина. Влияние заместителей в бензольном кольце на кислотность. Реакция Кольбе- Шмидта. Двухатомные фенолы : пирокатехин, резорцин, гидрохинон. Особые свойства флороглюцина, как представителя трехатомных фенолов. Хиноны.

8. Альдегиды и кетоны. Номенклатура. Изомерия. Классификация кетонов: ароматические и жирноароматические. Способы получения, реакции Гаттермана-Коха, Гаттермана, Фриделя-Крафтса. Химические свойства. Геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов.

9. Ароматические карбоновые кислоты и их производные. Монокарбоновые кислоты. Функциональные производные ароматических кислот. Дикарбоновые кислоты. Оксикислоты. Аминокислоты. Изомерия. Номенклатура. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства. Способы получения. Применение.

10. Корреляционные уравнения. Уравнение Гаммета. Количественная оценка электронных эффектов заместителей в бензольном ряду. Оценка индуктивного резонансного эффектов. Понятие реакционной серии. Модифицированные константы заместителей. Корреляции в жирном ряду. Определение стерических констант заместителей. Уравнение Тафта. Связь уравнения Гаммета с механизмами органических реакций.

11. Полиядерные ароматические соединения. Бифенил: получение, свойства; бензидин, бензидиновая перегруппировка. Трифенилметан, понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах. Нафталин : получение в технике, строение, ароматичность, энергия сопряжения, изомерия, номенклатура замещенных нафталина. Физические свойства. Химические свойства. Реакция Бухерера. Применение. Антрацен и фенантрен. Понятие о канцерогенных соединениях.

3. Гетероциклические соединения

1. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, пиррол, тиофен. Общие способы получения из 1,4-дикарбонильных соединений. Взаимные превращения по Ю.К.Юрьеву. Строение. Химические свойства. Ацитофобность. Реакция Вильсмайера-Хаака и азосочетания. Конденсированные системы: бензофуран, индол, бензотиофен.

2. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. Пиразол и имидазол. Общие методы синтеза. Свойства : повышенная кислотность и основность по сравнению с пирролом.

3. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин. Строение. Характеристика связей. Ароматичность. Изомерия и номенклатура замещенных пиридинов. Физические свойства. Химические свойства. Реакция А.Е.Чичибабина. Пиперидин, получение, свойства. Хинолин и изохинолин. Получение по реакции Скраупа и Бишлера-Напиральского.

IV. Общие принципы органического синтеза.

1 Выбор оптимального пути синтеза. Принцип ретросинтетического анализа. Линейные и конвергентные схемы синтеза. Синтоны и синтетические эквиваленты. Защита функциональных групп. Методы введения и удаления защитных групп.

2. Основные пути построения углеродного скелета.

3. Методы введения важнейших функциональных групп и пути перехода от одних функций к другим.

4. Элементоорганические соединения (производные фосфора, бора, кремния, меди, лития, магния, олова) в органическом синтезе. Металлокомплексный катализ.

5. Использование химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений. Спектроскопия ЯМР, ЭПР, колебательная и электронная спектроскопия, масс- и хромато-масс-спектрометрия. Газожидкостная и жидкостная хроматография, ионообменная и гельпроникающая хроматография, электрофорез. Рентгеноструктурный анализ и электронография. Рефрактометрия.

6. Особенности оборудования и методики проведения реакций в гетерофазных и гетерогенных системах. Современные методы обработки реакционных масс, очистки и

выделения продуктов. Проведение реакций на твердых носителях. Принципы комбинаторной химии.

7. Техника безопасности и экологические проблемы органического синтеза. «Зеленая химия». Термохимия органических реакций. Тепловой взрыв.

V. Органические производные элементов

1. Органические производные щелочных металлов (I группа). Литийорганические соединения, их свойства, строение, методы получения и применение в органическом синтезе. Органические соединения натрия и калия. Реакции металлизации. Ароматические анион-радикалы: образование, строение, свойства.

2. Органические производные элементов II группы. Магнийорганические соединения: получение, строение, свойства. Роль растворителя в синтезе магнийорганических соединений. Реакционная способность магнийорганических соединений и их применение в органическом и металлоорганическом синтезе.

3. Органические производные элементов III группы.

4. Органические соединения элементов III группы. Борорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Гидроборирование ненасыщенных соединений, региоселективность реакции. Применение борорганических соединений в органическом синтезе. Алюминийорганические соединения. Основные типы соединений, синтез, свойства, реакции. Катализаторы Циглера-Натта. Применение алюминийорганических соединений в промышленности и органическом синтезе.

5. Органические соединения элементов IV группы. Кремнийорганические соединения: получение, строение, свойства. Гидросилилирование ненасыщенных производных. Полиорганосилоксаны. Силиловые эфиры. Кремнийорганические соединения в органическом синтезе и промышленности.

6. Органические производные элементов V группы. Органические производные фосфора и мышьяка, основные типы соединений высшей и низшей степеней окисления, методы синтеза, строение, свойства. Гетероциклические соединения фосфора. Реакция Виттига. Применение органических производных элементов V группы в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.

7. Классификация металлоорганических соединений переходных металлов по типу лигандов, координированных с металлом. Комплексы переходных металлов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Основная литература:

1. Оганесян Э. Т. Органическая химия [Текст] : учебник для студентов учреждений высш. проф. образов. по спец. "Фармация" / Э. Т. Оганесян. - М. : Академия, 2011. - 426 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование) (Медицина).
2. Попков В. А. Общая химия [Электронный ресурс] : учебник / Попков В. А., Пузаков С. А. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 976 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
3. Биоорганическая химия [Электронный ресурс]. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. 2013. - 168 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>

4. Биоорганическая химия [Электронный ресурс]: учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 416 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
5. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 384 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>

Дополнительная литература:

1. Беляев А. П. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс]: учебник / Беляев А. П., Кучук В. И., Евстратова К. И. и др. ; под ред. А. П. Беляева. – 2-е изд. перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 752 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/>
2. Ершов Ю. А. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс] : учебник по спец. 060301 "Фармация" по дисциплине "Физ. и коллоид. химия" / Ершов Ю. А.; М-во образования и науки РФ. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 352 с. : ил. - Библиогр. : с. 348. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
3. Физическая и коллоидная химия. Задачник [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина, В. В. Гришин; под ред. А. П. Беляева. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 288 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
4. Органическая химия [Текст] : учебник для вузов : в 2 кн. Кн. 2 : Специальный курс / Н. А. Тюкавкина [и др.] ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : Дрофа, 2008. - 592 с. : ил. - (Высшее образование. Современный учебник).
5. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия [Текст] : учебник для студентов хим.-технол. спец. вузов / Н. С. Ахметов. - 7-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 742, [2] с. : ил.
6. Слесарев В. И. Химия : Основы химии живого [Текст] : учебник / В. И. Слесарев. - 3-е изд., испр. - СПб. : Химиздат, 2005. - 784 с. : ил. - Библиогр. : с. 784. -
7. Балецкая Л. Г. Неорганическая химия [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / Л. Г. Балецкая. - Ростов н/Д : Феникс, 2010. - 317 с. : ил. - (Высшее образование). Химия [Электронный ресурс]: учебник. Пузаков С.А. 2-е изд., испр. и доп., 2006. - 640 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>