

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра органической, биоорганической и медицинской химии

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве программы итогового государственного экзамена  
по направлению 020100.68 - Химия*

Самара  
Издательство «Самарский университет»  
2014

УДК 547

ББК 24.2

Рецензент д-р хим. наук, проф. С. В. Курбатова

**Органическая химия** : программа итогового государственного экзамена по направлению 020100.68 - Химия / сост. П. П. Пурыгин. - Самара: Изд-во «Самарский университет», 2014. - 20 с.

Программа итогового государственного экзамена по химии (магистерская программа «Органическая химия») составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования подготовки магистров по направлению 020200.68 - Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 547 от 20 мая 2010 г.

Предназначена для студентов химических факультетов вузов.

УДК 547

ББК 24.2

О Пурыгин П. П., составление, 2014

© Самарский государственный университет,  
2014

© Оформление. Издательство «Самарский  
университет», 2014

## Требования к государственному экзамену по органической химии

Итоговая государственная аттестация магистра химии по направлению 020100.68 Химия (магистерская программа по органической химии), включает защиту магистерской диссертации и государственный экзамен по органической химии.

Итоговые аттестационные испытания предназначены для определения профессиональных компетенций магистра, определяющих его подготовленность к решению профессиональных задач, установленных ФГОС, способствующих его устойчивости на рынке труда и продолжению образования в аспирантуре.

Аттестационные испытания, входящие в состав итоговой государственной аттестации выпускника, полностью соответствуют программе высшего профессионального образования, которую он освоил за время обучения.

Итоговая государственная аттестация проводится Государственной аттестационной комиссией (ГАК) во главе с председателем, утверждаемым Министерством образования и науки РФ. Состав ГАК утверждается приказом ректора вуза. В состав ГАК, как правило, вводятся работодатели.

В результате подготовки, защиты магистерской диссертации и сдачи государственного экзамена по органической химии магистрант должен:

знать, понимать и решать профессиональные задачи в области научно-исследовательской и производственной деятельности в соответствии с профилем подготовки Органическая химия по направлению 020100.68 Химия;

уметь использовать современные методы химических, физико-химических исследований и методов синтеза для решения профессиональных задач; самостоятельно обрабатывать, интерпретировать и представлять результаты научно-исследовательской и производственной деятельности по установленным формам;

владеть приемами осмысления химической информации для решения научно-исследовательских и производственных задач в сфере профессиональной деятельности;

Порядок проведения и программа государственного экзамена по органической химии определены с учетом требований ФГОС и методических рекомендаций УМО по классическому университетскому образованию. Государственный выпускной экзамен призван дать возможность установить уровень образованности, полноту знаний и навыков, приобретенных выпускником в рамках образовательной программы направления 020100.68 - Химия (магистерская программа по органической химии); уровень интеллектуальных способностей магистранта, его творческие возможности для дальнейшего продолжения образования в аспирантуре или научной и производственной деятельности.

Программа государственного экзамена утверждена Ученым советом химического факультета, а его продолжительность устанавливается ГАК по согласованию с вузом.

Цель итогового государственного экзамена - проверка теоретической и практической подготовленности выпускника к осуществлению профессиональной деятельности и возможному продолжению обучения в аспирантуре. Экзамен проводится Государственной аттестационной комиссией в сроки, предусмотренные рабочими учебными планами по направлению 020100.68 Химия (магистерская программа по органической химии).

## РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В ОРГАНИЧЕСКУЮ ХИМИЮ

### Тема 1.1. Основные понятия органической химии

Определение органической химии. Причины многообразия органических соединений. Источники органического сырья. Выделение, очистка и основные константы органических соединений. Принципы количественного элементного анализа, установление молекулярной формулы соединения. Формирование и основные положения теории строения органических соединений. Основные типы структурных фрагментов органических молекул: простые и кратные связи, углеродные цепи и циклы, радикалы и функциональные группы. Органические ионы. Структурные формулы как средство отображения строения органических соединений. Гомологические ряды. Структурная изомерия и ее разновидности. Пространственная изомерия. Молекулярные модели. Значение теории строения для развития органического синтеза.

Классификация органических соединений исходя из их структуры и на основе характера функциональной группы. Понятие о номенклатуре органических соединений, ее разновидности. Гибридные состояния атома углерода и других атомов в органических соединениях. Атомно-орбитальные модели органических соединений.

### Тема 1.2. Электронные представления в органической химии

Основные понятия об электронном и пространственном строении молекул. Химическая связь как проявление единого взаимодействия в молекуле. Понятие о локализованных и делокализованных связях, типы молекул с делокализованными связями. Типы химических связей: ионная (электровалентная или гетерополярная), ион-дипольные и диполь-дипольные взаимодействия (межмолекулярные и внутримолекулярные водородные связи), ковалентная (гомополярная) углерод-углеродная связь. Структура Льюиса и формальный заряд атома. Разновидности ковалентной связи (координационная и семиполярная). Проявление характеристичности и аддитивности свойств атомов и связей. Характерные свойства ковалентных связей: направленность, насыщенность, полярность, поляризуемость. Важные количественные характеристики ковалентных связей: энергия и длина. Методы описания электронного строения молекул.

Теория резонанса как важный этап в формировании теоретических представлений в органической химии. Правила, учитывающие важность вклада предельных структур в описание резонансного гибрида. Оценка относительной стабильности резонансных структур. Молекулярные орбитали, способы их описания:  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи, банановые связи; локализованные и делокализованные МО. Характеристики, связанные с распределением электронной плотности: эффективный заряд на атоме, дипольный момент отдельных связей и молекулы в целом, спиновая плотность. Взаимное влияние атомов в молекуле. Индуктивный и мезомерный эффекты. Типы сопряжения. Правила, определяющие знак и величину / - и М-эффектов. Эффект сверхсопряжения.

### Тема 1.3. Строение и реакционная способность органических соединений.

#### Классификация реагентов и реакций. Кислоты и основания

Классификация реакций по изменениям углеродного скелета, на основе природы реагирующих частиц, на основе связывания или удаления структурных элементов, на основе окислительно-восстановительного характера реагентов, на основе кинетики ре-

акции. Цепные, равновесные, многостадийные и параллельные реакции. Радикальные и ионные реакции; факторы, благоприятствующие течению этих реакций. Перициклические реакции. Гомогенный, гетерогенный и межфазный катализ.

Классификация реагентов: радикальные, нуклеофильные и электрофильные. Нуклеофильные реагенты. Кислоты и основания (Бренстед, Льюис). Сопряженные кислоты и основания. Кислотно-основные равновесия (на примере спиртов, альдегидов, кетонов, кислот и аминов). Константа кислотности (рКа). Влияние заместителей на кислотность и основность органических соединений. Промежуточные частицы, переходное состояние и механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль. Статический и динамический подходы в изучении электронного строения и реакционной способности молекул. Статический подход: индексы реакционной способности - эффективный заряд, свободная валентность, энергия граничных МО. Молекулярные диаграммы. Динамический подход: учет реагента, субстрата, среды и их взаимного влияния; энергетический профиль реакции; энергия активации, энергия переходного строения, тепловой эффект.

#### **Тема 1.4. Физические и физико-химические методы исследования в органической химии**

Колебательная спектроскопия: природа ИК спектров, групповые характеристические частоты. Электронная спектроскопия: природа спектров, понятие о хромофорах и аукохромах. Спектроскопия протонного магнитного резонанса. Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов, спин-спиновое взаимодействие. Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

## **РАЗДЕЛ 2. УГЛЕВОДОРОДЫ**

### **Тема 2.1. Алканы**

Гомологический ряд, номенклатура, изомерия, алкильные радикалы (первичные, вторичные, третичные). Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, восстановление различных классов органических соединений, реакция Вюрца, декарбоксилирование и электролиз солей карбоновых кислот (реакция Кольбе). Электронное и пространственное строение алканов, длины связей и валентные углы. Вращательная изомерия, конформации и их относительные энергии. Проекция Ньюмена. Физические свойства алканов и их зависимость от длины углеводородной цепи и степени ее разветвленности. Спектральные характеристики.

Химические свойства алканов. Гомолитический тип разрыва связи. Свободные радикалы, качественная трактовка их электронного строения, факторы, определяющие их относительную стабильность, основные химические превращения радикалов. Общие представления о механизме цепных свободнорадикальных реакций замещения в алканах: галогенирование, сульфохлорирование, нитрование, окисление. Гетеролитический тип разрыва связей в алканах. Карбокатионы, их электронное строение и факторы, определяющие относительную стабильность. Основные пути превращения карбокатионов.

## Тема 2.2. Алкены

Электронное строение, типы изомерии простых алкенов. Номенклатура, правила *E*, *Z*-системы. Относительная устойчивость изомерных алкенов, ее количественная оценка.

Способы образования двойной связи: дегидрирование алканов, частичное гидрирование алкинов (селективные катализаторы гидрирования алкинов до алкенов), дегидрогалогенирование и правило Зайцева, дегалогенирование, термическое разложение четвертичных аммониевых оснований (реакция Гофмана), дегидратация спиртов (дегидратирующие агенты, E1-механизм, недостатки жидкофазной дегидратации, понятия "региоселективная и региоспецифическая реакции"), превращение карбонильной группы в группу C=C (реакция Виттига), реакция Хека. Физические свойства и спектральные характеристики алкенов. Понятие о механизмах химических превращений алкенов. Гидрирование в присутствии катализаторов, гомогенное гидрирование. Присоединение электрофильных реагентов по связи C=C: кислот, галогеноводородов, воды, галогенов. Механизм электрофильного присоединения:  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы, стереохимия процесса. Реакции сопряженного присоединения. Правило Марковникова и его интерпретация с точки зрения классической электронной теории (статический и динамический эффекты). Обращение ориентации присоединения бромистого водорода (по Карашу) как результат изменения механизма реакции (перекисный эффект). Расширенное толкование правила Марковникова. Радикальные реакции алкенов.

Окислительные превращения алкенов: эпоксицирование, цис-гидроксилирование, расщепление C=C-связи (окисление хромовой кислотой, озонлиз - окислительная и восстановительная обработка озонидов). Полимеризация: катионная, анионная, свободнорадикальная и координационная. Теломеризация. Реакции алкенов по аллильному положению: хлорирование, бромирование, окисление, окислительный аммонолиз. Аллильная л-электронная система, р,π-сопряжение, качественное описание в терминах теории МО и характер распределения электронной плотности в аллильных катионе, радикале и анионе.

## Тема 2.3. Алкадиены

Номенклатура, классификация и изомерия. Важнейшие 1,3-диены и способы их получения реакциями дегидрирования, дегидрогалогенирования, дегидратации. Специальные методы получения дивинила (из этилового спирта по Лебедеву), изопрена (из ацетона и ацетилену по Фаворскому). Конформации сопряженных диеновых углеводородов. Электронное строение: сопряжение кратных связей (л,я-сопряжение), представление о делокализованных  $\pi$ -МО сопряженных диенах.

Химические свойства 1,3-диенов: каталитическое гидрирование, электрофильное присоединение галогенов и галогеноводородов; ориентация в этих реакциях в условиях кинетического и термодинамического контроля. Диеновый синтез. Полимеризация и циклолигомеризация 1,3-диенов. Разновидности линейной полимеризации и ее техническое значение. Понятие об изопреноидах. Полиены. Каротиноиды. Кумулены: электронное и пространственное строение. Стереохимия кумуленов.

## Тема 2.4. Алкины

Номенклатура и изомерия алкинов. Способы образования тройной связи. Карбидный и пиролизный методы получения ацетилену. Описание тройной связи

на основе представления об *sp*-гибридизации. Физические свойства и основные спектральные характеристики алкинов. Химические свойства алкинов: кислотность 1-алкинов и реакции, основанные на подвижности метанового водорода (образование ацетиленидов, реактивов Иодича, реакции Фаворского и Реппе на основе ацетилена). Ацетилен-алленовая изомеризация. Смещение тройной связи в терминальное положение. Способы селективного гидрирования алкинов в *цис*- и *транс*-алкены, каталитическое гидрирование до алканов, реакция Кучерова, присоединение спиртов, карбоновых кислот, галогеноводородов, цианистого водорода. Превращение ацетилена в винилацетилен, промышленное значение этой реакции. Окислительная димеризация терминальных алкинов в присутствии соединений меди. Циклоолигомеризация алкинов, полиацетилен, карбин. Алкины как диенофилы.

### **Тема 2.5. Моноциклические углеводороды**

Классификация и номенклатура, структурная изомерия. Методы синтеза насыщенных циклов: из дигалогеналканов по реакции Вюрца, взаимодействие диазометана с алкенами, синтеза на основе малонового эфира (синтез Перкина) и дикарбоновых кислот, диеновый синтез. Гидрирование ароматических углеводородов. Расширение и сужение циклов. Пространственное строение циклоалканов. Особенности пространственного и электронного строения циклопропанового кольца. Конформации циклобутана и циклопентана. Конформации циклогексана и его производных, экваториальные и аксиальные связи. Геометрическая и оптическая изомерия производных малых и нормальных циклов.

Относительная устойчивость циклов по данным теплот сгорания и взаимопревращений циклов разных размеров, ее анализ на основе представлений о различных типах напряжений. Химические свойства циклобутана, циклопентана, циклогексана. Общие свойства циклопропана. Общие представления о средних и макроциклах. Трансанулярные реакции.

### **Тема 2.6. Полициклические насыщенные углеводороды**

Номенклатура и типы бициклических систем: соединения с изолированными циклами, спироановые системы, конденсированные и мостиковые углеводороды. Представления о природных полициклических системах, терпенах и стероидах: ментол, камфора, холестерин, борнеол. Каркасные соединения, адамантан.

### **Тема 2.7. Ароматические бензоидные углеводороды**

Классификация бензоидных углеводородов. Бензол и его гомологи, номенклатура, изомерия. Источники ароматических углеводородов. Электронное строение бензольного кольца. Особенности химического поведения бензола. Относительная устойчивость к окислению, склонность к реакциям замещения, термохимия гидрирования и сгорания бензола, его образование в реакции диспропорционирования циклогексена и циклогексадиена. Радикальное хлорирование. Ароматичность. Критерии ароматичности: энергетические, магнитные, структурные. Правило Хюккеля. Физические свойства и основные спектральные характеристики бензола и его гомологов. Реакции, идущие с сохранением ароматичности. Ароматическое электрофильное замещение. Представление об их механизме ( $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы) и его экспериментальное обоснование. Влияние заместителей в бензольном кольце на изо-

мерный состав продуктов и скорость реакции, заместители 1 и 2 рода, согласованная и несогласованная ориентация.

Алкилбензолы. Способы получения с использованием реакции алкилирования бензола, реакция Вюрца-Фиттига, алкилирующие агенты. Химические свойства. Реакции электрофильного замещения в бензольном кольце и особенности ориентации в этих реакциях. Протонирование полиалкилбензолов, образование стабильных арениониевых ионов. Дезалкилирование, диспропорционирование, изомеризация алкилбензолов. Реакции с участием боковых цепей алкилбензолов: радикальное замещение в  $\alpha$ -положении заместителя - галогенирование, нитрование, дегидрирование, окисление. Бензильная  **$\pi$ -электронная** система. Стирол, фенилацетилен.

Нафталин. Источники нафталина и других многоядерных углеводородов. Номенклатура и изомерия производных нафталина, его электронное строение и ароматичность. Химические свойства нафталина: каталитическое гидрирование и восстановление натрием в жидком аммиаке. Окисление и влияние заместителей на направление этой реакции. Реакции электрофильного замещения: факторы, влияющие на ориентацию в этих реакциях. Антрацен. Номенклатура и изомерия производных. Синтез антрацена из соединений бензольного ряда. Электронное строение и ароматичность. Реакции гидрирования, окисления, электрофильного присоединения и замещения. Фотоокисление и фотодимеризация. Антрацен в диеновом синтезе. Фенантрен, изомерия и номенклатура производных. Электронное строение и ароматичность. Реакции гидрирования, окисления, электрофильного присоединения и замещения. Понятие о природных соединениях с ядром фенантрена. Полибензолы: пирен, перилен, коронен. Бензпирен, понятие о канцерогенных соединениях.

Дифенил- и трифенилметан, их получение и свойства. Кислотные свойства углеводородов, их электронное строение и факторы, определяющие их относительную стабильность. Ди- и трифенилметановые красители. Дифенил, способы его получения, строение. Представление о влиянии заместителей на легкость вращения и степень копланарности бензольных колец. Ароматичность дифенила. Реакции электрофильного замещения, ориентация в этих реакциях и влияние на нее заместителей. Атропоизомерия в ряду дифенила.

### РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕМЕНТЫ СТЕРЕОХИМИИ И ОПТИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Хиральность молекул. Асимметрический атом углерода.  **$R,S$ -Номенклатура**. Проекционные формулы. Энантиомеры и рацематы. Конфигурационные ряды.  **$D,L$ -Номенклатура**. Соединения с двумя асимметрическими атомами углерода, диастереомеры, *эритро*- и *трео*-формы, мезо-формы. Число стереоизомеров. Способы разделения (расщепления) рацематов. Обращение конфигурации и рацемизация. Связь механизма реакции и стереохимии продуктов на примере реакции присоединения по двойной связи. Понятие об асимметрическом синтезе. Представление об оптической изомерии соединений, не содержащих асимметрического атома углерода.

## РАЗДЕЛ 4. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

### Тема 4.1. Моногалогенопроизводные алифатического ряда

Их номенклатура и изомерия. Способы образования связи C-Hal. Получение геминальных дигалогенпроизводных из карбонильных соединений и присоединением дигалогенкарбенов по двойной связи. Отличительные особенности синтеза и свойств фторалканов. Полярность связи C-Hal и ее зависимость от природы атома галогена. Химические свойства моногалогеналканов. Представление о механизмах  $S_N1$ ,  $E1$ ,  $S_N2$  и  $E2$  как об "идеализированных" механизмах реакции нуклеофильного замещения и элиминирования и обоснование вкладов каждого из них данными кинетики и стереохимии. Зависимость соотношения продуктов реакции от природы и концентрации нуклеофила и основания, строения алкилгалогенида, природы растворителя, учет этих зависимостей в планировании синтеза с использованием химических свойств галогеналканов. Амбидентные ионы. Комплексообразование галогеналканов с ионами металлов и кислотами Льюиса на примере реакции Фриделя-Крафтса как способ увеличения их электрофильной активности. Восстановление галогеналканов водородом, их взаимодействие с металлами. Соединения с повышенной подвижностью атома галогена. Соединения с пониженной подвижностью атома галогена. Хлористый винил и хлоропрен. Способы их получения, химические свойства и применение.

### Тема 4.2. Полигалогенопроизводные алифатического ряда

Полихлорированные и полифторированные производные этилена, полимеры на их основе. Тефлон.

### Тема 4.3. Ароматические галогенопроизводные

Способы получения. Галогенирование ароматических углеводородов, синтез из солей диазония. Реакции, затрагивающие связь углерод-галоген. Особенности протекания реакций нуклеофильного замещения в ароматическом ядре, представление об их механизме. Взаимодействие арилгалогенидов с металлами: получение металлорганических соединений, синтез алкилароматических соединений и диариллов. Дегидробензол и механизм кинезамещения. Реакции электрофильного замещения. Понятие об индукционном и мезомерном эффектах заместителей в ароматическом ряду. Эффекты атомов галогенов как заместителей. Ди- и трифенилхлорметаны. Стабильные свободные радикалы и карбокатионы. Бензальхлорид и бензотрихлорид: получение хлорированием толуола, гидролиз.

## РАЗДЕЛ 5. МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Литий- и магнийорганические соединения. Способы получения из галогенопроизводных и углеводородов, обладающих высокой СН-кислотностью. Представление о строении реактивов Гриньяра. Природа связи углерод-металл. Химические свойства. Использование в синтезе других элементоорганических соединений. Медьорганические соединения (купраты). Особенности реакционной способности. Применение в органическом синтезе: реакция Кори-Хауса, получение диенов, 1,4-присоединение к  $\alpha,\beta$ -ненасыщенным карбонильным соединениям.

## РАЗДЕЛ 6. ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

### Тема 6.1. Одноатомные насыщенные спирты

Номенклатура, изомерия, классификация. Способы образования спиртовой гидроксильной группы: присоединение воды по связи  $C=C$ , гидролиз связи  $C$ -галоген, восстановление карбонильной и сложноэфирной групп, синтеза с использованием металлорганических соединений. Промышленные способы получения простейших алифатических спиртов, циклогексанола. Электронная природа и полярность связи  $C-O$  и  $O-H$ , водородная связь и ее проявление в спектральных характеристиках и физических свойствах спиртов. Химические свойства: кислотно-основные свойства, замещение гидроксильной группы при действии серной кислоты, галогеноводородов и галогенангидридов минеральных кислот, дегидратация; рассмотрение этих реакций с позиции общих представлений о механизме нуклеофильного замещения и отщепления в алифатическом ряду. Синтез, свойства, синтетическое использование алкиловых эфиров минеральных кислот. Диметилсульфат как метилирующий реагент. Присоединение спиртов к олефинам, ацетиленовым соединениям, образование простых эфиров, взаимодействие с карбонильными соединениями, кислотами и их производными. Окисление и дегидрирование спиртов; реакция Опенауэра. Основные пути применения спиртов.

### Тема 6.2. Ненасыщенные спирты

Правило Эльтекова-Эрленмейера. Аллиловый спирт. Методы синтеза, химические свойства и особенности, связанные с аллильным положением гидроксильной группы. Пропаргиловый спирт. Виниловый спирт и его производные. Винилацетат и полимеры на его основе.

### Тема 6.3. Многоатомные спирты

Гликоли: способы их получения, химические свойства: окисление тетраацетата свинца и йодной кислотой (реакция Малапрада), межмолекулярная гидратация, пинаколиновая перегруппировка. Этиленгликоль, его свойства. Ди- и полиэтиленгликоли.

Глицерин: методы синтеза, основанные на использовании пропилена; образование простых и сложных эфиров, комплексов с ионами металлов, дегидратация с образованием акролеина. Применение глицерина и его производных. Пентаэритрит. Ксилит. Сорбит. Азотные эфиры многоатомных спиртов.

### Тема 6.4. Фенолы. Ароматические спирты

Фенол и его гомологи. Нафтолы. Номенклатура. Способы введения гидроксильной группы в ароматическое ядро: щелочное плавление солей сульфокислот, гидролиз галогенопроизводных, замена аминогруппы на гидроксил через соли диазония, кумольный способ получения фенола. Химические свойства. Причины повышенной кислотности фенолов по сравнению с алифатическими спиртами, влияние заместителей. Образование фенолятов, простых и сложных эфиров. Замещение гидроксигруппы на аминогруппу в 2-нафтоле (реакция Бухерера). Реакции электрофильного замещения: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование. Перегруппировка (Фриса) сложных эфиров фенолов как способ ацилирования по кольцу. Конденсация фенолов с формальдегидом, фенолформальдегидные смолы. Реакции электрофильного замещения, характерные для фенолов и фенолятов

как ароматических соединений с повышенной реакционной способностью: карбоксилирование, нитрозирование, азосочетание, введение ацильной группы (реакции Гапермана, Хеша, Раймера-Тимана, Вильсмейера-Хаака). Гидрирование и окисление фенолов. Стабильные феноксильные радикалы. Фенольные стабилизаторы полимерных материалов. Основные пути использования замещенных фенолов.

Пирокатехин и гидрохинон: способы получения, восстановительные свойства, образование моно- и диэфиров, циклические эфиры пирокатехина. Гидрохинон и другие фенолы как проявители фотографических материалов. Представление о природных соединениях - производных пирокатехина. Резорцин: получение, реакции, характерные для фенолов, восстановление до дигидрорезорцина. Флюороглюцин: получение, образование эфиров, алкилирование йодистым метилом в щелочной среде, проявление повышенной склонности к таутомерным превращениям (реакция с  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_2\text{OH}$ ). Пирогаллол. Бензиловый спирт, ди- и трифенилкарбинолы, методы синтеза и химические свойства.

## РАЗДЕЛ 7. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ И ЭПОКСИДЫ

### Тема 7.1. Простые эфиры

Номенклатура, классификация. Способы получения, взаимодействие с протонными кислотами и кислотами Льюиса, расщепление, окисление. Образование гидроперекисей, их обнаружение и удаление. Циклические простые эфиры. Тетрагидрофуран. 1,4-Диоксан. Краун-эфиры. Комплексообразование с ионами металлов. Применение в межфазном катализе. Виниловые эфиры. Получение из ацетилена и этилена. Гидролиз и причины большей легкости его протекания по сравнению с диалкиловыми эфирами. Полимеризация.

Алкиловые эфиры фенолов: получение, расщепление при действии кислот и его механизм, перегруппировки. Алкоксигруппа как заместитель в реакциях электрофильного замещения. Дифениловый эфир: получение и применение.

## РАЗДЕЛ 8. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### Тема 8.1. Альдегиды и кетоны алифатического ряда

Номенклатура, классификация. Способы образования карбонильной группы: окисление алканов и алкилароматических углеводородов, озонолит и каталитическое окисление олефинов, оксосинтез, гидратация алкинов (реакция Кучерова), гидролиз геминальных дигалогенпроизводных и виниловых эфиров, окисление и дегидрирование спиртов, окислительное расщепление  $\alpha$ -гликолей. Синтез альдегидов и кетонов из карбоновых кислот и их производных: восстановление хлорангидридов (реакция Розенмунда-Зайцева). Восстановление нитрилов. Реакции карбоновых кислот и их производных с металлорганическими соединениями, пиролиз солей карбоновых кислот и его каталитические варианты. Синтез макроциклических кетонов (Ружичка). Получение ароматических карбонильных соединений ацилированием ароматических углеводородов (реакция Фриделя-Крафтса). Электронное строение группы  $\text{C}=\text{O}$ , распределение электронной плотности и его связь с реакционной способностью карбонильной группы. Основные спектральные характеристики и физические свойства.

Химические свойства. Сравнение реакционной способности и путей превращения альдегидов и кетонов. Реакции с гетероатомными нуклеофилами: гидратация, взаимодействие со спиртами (полуацетали, ацетали и кетали), пятихлористым

фосфором, бисульфитом натрия. Взаимодействие с азотсодержащими нуклеофилами: образование оксимов, гидразонов и семикарбазонов, взаимодействие с вторичными аминами и образование енаминов, взаимодействие с первичными аминами и образование оснований Шиффа. Взаимодействие с аммиаком (уротропин), реакция Манниха. Взаимодействие с С-нуклеофилами: образование циангидринов, присоединение магнийорганических соединений. Кето-енольная таутомерия и связанные с ней свойства карбонильных соединений: галогенирование и галоформное расщепление, нитрозирование, алкилирование. Альдольно-кетоновая конденсация и ее механизм при кислотном и основном катализе. Конденсация альдегидов и кетонов с соединениями других типов, содержащих активную метиленовую группу (реакция Кневенегеля). Циклоолигомеризация и полимеризация альдегидов (триоксан, паральдегид, параформ).

Окислительно-восстановительные реакции альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов до карбоновых кислот, окисление кетонов без разрыва и с разрывом углерод-углеродных связей (правило Попова). Каталитическое гидрирование карбонильных соединений, восстановление комплексными гидридами металлов, спиртами в присутствии алколюлятов алюминия (равновесие Меервейна-Понндорфа-Верлея, реакция Тищенко), амальгамированным цинком и соляной кислотой (реакция Клемменсена), восстановление кетонов металлами с образованием металлкетиллов и пинаконов. Взаимодействие неенолизирующихся альдегидов со щелочами (реакция Каннищаро).

Азотсодержащие производные карбонильных соединений. Общие представления о сходстве электронного строения и химических свойств карбонильной и азометиновой группы. Восстановление оксимов, гидразонов, шиффовых оснований, восстановительное аминирование карбонильных соединений. Оксимы: геометрическая изомерия, превращения, катализируемые кислотами, перегруппировка (Бекмана) оксима циклогексанона и ее промышленное значение. Катализируемое основанием разложение гидразонов как способ восстановления карбонильных соединений (реакция Кижнера-Вольфа). Кислотный гидролиз бисульфитных производных, оксимов, гидразонов, ацеталей и кеталей как метод выделения и очистки карбонильных соединений.

## Тема 8.2. Альдегиды и кетоны ароматического ряда

Способы синтеза. Бензоиновая конденсация. Реакции электрофильного замещения в ароматических альдегидах и кетонах. Ацетофенон, бензофенон.

## Тема 8.3. сф-Непредельные альдегиды и кетоны

Общие методы синтеза: окисление олефинов по аллильному положению и спиртов аллильного типа, кетоновая конденсация карбонильных соединений. Синтез акролеина дегидратацией глицерина. Электронное строение и его связь с реакционной способностью  **$\alpha,\beta$ -непредельных** карбонильных соединений. Химические свойства. Сходство и различие химических свойств  **$\alpha,\beta$ -непредельных** альдегидов и кетонов: каталитическое гидрирование, восстановление комплексными гидридами металлов, спиртами, восстановление металлами в присутствии источников протонов. Селективное окисление альдегидной группы. Реакции присоединения воды, спиртов, галогеноводородов, бисульфита натрия, аммиака, аминов, цианистого водорода, магнийорганических соединений. Реакция конденсации с СН-активными

соединениями (реакция Михаэля). Эффект винилогии и СН-активность оф-неиасщенных карбонильных соединений.

#### **Тема 8.4. Дикарбонильные соединения**

Номенклатура и классификация. Способы получения, основанные на реакциях окисления, нитрозирования и конденсации.  **$\alpha$ -Дикарбонильные** соединения. Глиоксаль, метилглиоксаль; образование устойчивых гидратов, катализируемые основаниями превращения в гидроксикислоты. Реактив Чугаева и комплексы металлов на их основе. Бензил, бензиловая группировка.  **$\beta$ -Дикарбонильные** соединения, кетонольная таутомерия. С- и О-алкилирование, образование хелатных комплексов с ионами металлов на примере ацетилацетона.

#### **Тема 8.5. Хиноны**

Получение *o*- и *l*- бензо- и нафтохинонов. Свойства хинонов: получение моно- и диоксимов, присоединение хлористого водорода, анилина, уксусного ангидрида, реакция с диенами. Сопоставление свойств хинонов и оф-непределных кетонов. Хингидрон. Понятие о комплексах с переносом заряда (КПЗ). Семихиноны. Понятие об ион-радикалах. Антрахинон: получение, представление о свойствах и применении.

### **РАЗДЕЛ 9. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ**

#### **Тема 9.1. Монокарбоновые кислоты и их производные**

Классификация и номенклатура. Методы получения: окисление углеводов, спиртов и альдегидов, синтеза с использованием магний- и литийорганических соединений, окиси углерода малонового и ацетоуксусного эфиров, гидролиз нитрилов и сложных эфиров. Синтез уксусной кислоты карбонилированием метанола на родиевом катализаторе. Природные источники карбоновых кислот. Электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Физические свойства карбоновых кислот и их производных. Водородные связи и образование димерных ассоциатов.

Химические свойства. Кислотность, ее связь с электронным строением карбоновых кислот и их анионов, зависимость от характера и положения заместителя в алкильной цепи или бензольном ядре. Производные карбоновых кислот: соли, сложные эфиры, галогенангидриды, ангидриды, амиды, гидразиды, азиды, гидроксамовые кислоты, ортоэфиры, амидины, нитрилы. Представление о механизме взаимопревращений карбоновых кислот и их производных, роль кислотного и основного катализа на примере реакции этерификации и омыления. Восстановление и галогенирование кислот (реакция Гелля-Фольгарда-Зелинского). Высшие карбоновые кислоты: маргариновая, пальмитиновая, стеариновая. Реакции замещения в бензольном ядре кислот ароматического ряда. Представление об основных путях использования карбоновых кислот. Мыла. Хлорангидриды: реакции с нуклеофилами и использование хлорангидридов в качестве агентов ацилирования, реакция Розенмунда-Зайцева, реакции с магнийорганическими соединениями. Хлористый бензоил: получение, реакционная способность при взаимодействии с нуклеофилами, использование в качестве реагента бензоилирования. Сложные эфиры: каталитическое гидрирование, восстановление комплексными гидридами металлов, реакция Буво-Блана. Реакции переэтерификации и сложноэфирной конденсации. Представ-

ление об основных путях использования сложных эфиров. Ангидриды карбоновых кислот: реакции с нуклеофилами (ацилирование), реакция Перкина. Амиды: кислотно-основные свойства, причины пониженной кислотности по сравнению с аммиаком и аминами, основные пути превращения в амины (восстановление, реакция Гофмана и родственные ей превращения гидразидов, азидов и гидроксамовых кислот), реакция с азотистой кислотой (Буво), представление об основных путях использования амидов. Взаимопревращения амидов и нитрилов: каталитическое гидрирование, восстановление алюмогидридом лития, реакция с магнийорганическими соединениями. Амидины: причины повышенной основности по сравнению с амидами и аминами.

### Тема 9.2. Дикарбоновые кислоты

Номенклатура и классификация. Методы синтеза: окисление циклошпанов, алициклических спиртов и кетонов, ароматических и алкилароматических углеводородов, гидролиз моно- и динитрилов, синтеза с использованием малонового и ацетоуксусного эфиров. Получение щавелевой кислоты из формиата натрия.

Химические свойства. Кислотные свойства и их зависимость от взаимного расположения карбоксильных групп. Образование производных по одной и обеим карбоксильным группам, смешанные производные. Щавелевая кислота: реакции декарбоксилирования, декарбонилирования, окисления. Диэтилоксалат, реакции сложноэфирной конденсации с его участием и их синтетическое использование. Малоновая кислота: декарбоксилирование и причины повышенной легкости его протекания, конденсации с карбонильными соединениями. Свойства малонового эфира и их синтетическое использование. Янтарная и глутаровая кислоты: образование ангидридов и имидов. Сукцинимид, его применение в реакции бромирования. Адипиновая кислота и ее производные, их свойства и пути практического использования. Фталевая кислота и ее производные. Репеленты, пластификаторы. Терфталевая кислота, диметилтерефталат и его использование.

### Тема 9.3. Непредельные моно- и дикарбоновые кислоты

Классификация Методы получения  **$\alpha,\beta$ -непредельных** карбоновых кислот. Электронное строение, взаимное влияние карбоксильной группы и связи  $C=C$ . Присоединение воды, аммиака, галогеноводородов, причины ориентации, наблюдаемой в этих реакциях. Природные источники и практическое значение олеиновой, линолевой, линоленовой, арахиновой кислот. Липиды, жиры. Олифа и другие высыхающие масла.

Способы получения малеиновой кислоты и ее ангидрида. Stereoизомерия и взаимодействие малеиновой и фумаровой кислот, проявление stereoизомерии в различиях их химических свойств и в пространственном строении продуктов их реакций, протекающих по связи  $C=C$ .

## РАЗДЕЛ 10. ПРОИЗВОДНЫЕ УГОЛЬНОЙ КИСЛОТЫ

Фосген, мочевина и ее производные, сложные эфиры угольной кислоты, изоцианаты, уретаны, семикарбазол, ксантогенаты. Гуанидин, причины высокой основности. Пути практического использования производных угольной кислоты.

## РАЗДЕЛ 11. НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

### Тема 11.1. Алифатические нитросоединения

Номенклатура и классификация. Способы получения нитросоединений. Нитрование алканов (реакция Коновалова), обмен атома галогена на нитрогруппу, окисление аминов, синтез ароматических нитросоединений из аминов через соли диазония. Электронное строение нитрогруппы и ее электроноакцепторный характер. Химические свойства. Каталитическое гидрирование, восстановление в кислой, нейтральной и щелочной средах. С-Н-кислотность и связанные с ней свойства алифатических нитросоединений: галогенирование, нитрозирование и его использование для идентификации нитросоединений, различающихся строением алкильного радикала, конденсация с карбонильными соединениями и присоединение по связи С=С, активированной электроноакцепторными заместителями. Таутомерия нитросоединений и реакции аци-формы: гидролиз, перегруппировка в гидроксамовые кислоты. Применение нитросоединений.

### Тема 11.2. Ароматические нитросоединения

Получение, механизм нитрования при электрофильном замещении ароматических соединений, нитрующие агенты.

Химические свойства. Реакции электрофильного замещения, влияние нитрогрупп на скорость и ориентацию. Нитропроизводные толуола, тротил. СН-Кислотность фенолнитрометана. Продукты неполного восстановления ароматических нитросоединений. Нитрозосоединения: таутомерия, димеризация, реакции конденсации. Фенилгидроксиламин, азоксибензол и их перегруппировки. Полинитроароматические соединения: реакции частичного восстановления, нуклеофильное замещение нитрогруппы, образование комплексов с переносом заряда (пикраты).

## РАЗДЕЛ 12. АМИНЫ

Классификация, номенклатура. Способы получения, основанные на реакциях нуклеофильного замещения в галоген-, гидрокси- и аминопроизводных алифатических и ароматических углеводородов, реакциях восстановления нитросоединений (реакция Зинина), азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, перегруппировках амидов, азидов, гидразидов карбоновых кислот и гидроксамовых кислот. Электронное строение аминогруппы, зависимость от природы радикалов, связанных с атомом азота. Пространственное строение аминов. Физические свойства, их связь со способностью аминов к образованию водородных связей. Основные спектральные характеристики.

Химические свойства. Основность и кислотность аминов, зависимость от природы углеводородных радикалов. Взаимодействие с электрофильными реагентами: алкилирование, гидроксילирование, ацилирование и его значение в химии аминов, взаимодействие с азотистой кислотой. Окисление алифатических аминов и пути их использования. Образование четвертичных аммониевых солей из третичных аминов и алкилгалогенидов (Меншуткин); электронное строение, практическое использование в качестве катализаторов межфазного переноса. Четвертичные аммониевые основания и оксиды аминов: реакции разложения с образованием олефинов (реакция Гофмана и Коупа). Енамины.

Свойства ароматических аминов: взаимодействие с электрофилами. Реакции алкилирования и сульфирования ароматических аминов, сульфаниловая кислота и сульфа-

мидные препараты. Ацилирование ароматических аминов как защитная реакция для дальнейшего проведения реакций галогенирования и нитрования. Важнейшие представители ароматических моно- и диаминов, основные пути их использования. Синтез гетероциклических соединений из о-фенилендиамина и о-аминофенола.

### **РАЗДЕЛ 13. ДИАЗО - И АЗОСОЕДИНЕНИЯ**

#### **Тема 13.1. Диазосоединения ароматического ряда**

Диазотирование ароматических аминов (реакция Грисса). Электронное строение, катион диазония как электрофильный реагент. Взаимопревращения различных форм диазосоединений. Реакции солей диазония, протекающие с выделением азота, и их использование для получения функциональных производных ароматических соединений.

Реакции солей диазония, протекающие без выделения азота. Азосочетание, диазо- и азосоставляющие, зависимость условий проведения азосочетания от природы азосоставляющей. Синтез, электронное строение и структурные особенности азокрасителей. Метилоранж и конго красный как представители красителей, используемых в качестве индикаторов. Восстановление солей диазония и азосоединений. Использование этих реакций для синтеза производных гидразина и аминов. Соли диазония как реагенты арилирования ароматических соединений.

### **РАЗДЕЛ 14. ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ СЕРЫ**

Получение алкансульфокислот и аренсульфокислот. Механизм сульфирования ароматических соединений, сульфорирующие агенты, побочные продукты при электрофильном сульфировании, способы выделения сульфокислот. Сульфохлорирование как **S<sub>E</sub>-реакция**. Функциональные производные сульфокислот: хлорангидриды, амиды, сложные эфиры. Сульфоны, сульфоксиды, сульфиды. Диметилсульфоксид как растворитель.

### **РАЗДЕЛ 15. ГИДРОКСИКИСЛОТЫ**

#### **Тема 15.1. Алифатические гидроксикислоты**

Номенклатура и классификация. Общие методы синтеза, основанные на свойствах непредельных, галоген- и аминокарбоновых и дикарбоновых кислот, многоатомных спиртов, гидроксальдегидов и гидроксинитрилов. Синтез β-гидроксикислот по реакции Реформатского. Природные источники и важнейшие представители гидроксикислот. Гликолевая, молочная, яблочная, винная, лимонная кислоты. Химические свойства. Реакции дегидратации и зависимость результата от взаимного расположения карбоксильной и гидроксигруппы. Представление о стереохимии гидроксикислот, реакции с обращением и сохранением конфигурации хирального центра (Вальден).

#### **Тема 15.2. Ароматические гидроксикислоты**

Получение карбоксилированием фенолятов и нафтолятов по Кольбе-Шмитту, взаимодействие солей гидроксibenзойных кислот и влияние природы катиона щелочного металла и температуры на направление этих реакций. Салициловая кислота, аспирин, салол. Пути использования гидроксibenзойных и нафтольных кислот и их производных.

## РАЗДЕЛ 16. АЛЬДЕГИДО И КЕТОКИСЛОТЫ

Номенклатура и классификация. Простейшие  $\alpha$ -альдегидо- и  $\alpha$ -кетокислоты. Получение из кетонов, карбоновых кислот и их производных.

Химические свойства.  $\beta$ -Альдегидо- и  $\beta$ -кетокислоты, их конденсация с карбонильными соединениями, присоединение по связи  $C=C$ , активированной электрооакцепторными заместителями (реакция Михаэля), и синтетическое использование этих реакций. Взаимодействие с бисульфитом натрия, цианистым водородом, гидроксилмином и производными гидразина. Реакция бромирования, нитрирования, азосочетания, ацелирования, взаимодействие с магниорганическими соединениями и diaзометаном. Получение сложных эфиров по реакции Кляйзена. Ацетоуксусный эфир, его  $SH$ -кислотность и таутомерия, образование металлических производных, их строение, двойственная реакционная способность и использование в синтезе кетонов и карбоновых кислот.

## РАЗДЕЛ 17. АМИНОКИСЛОТЫ, ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

### Тема 17.1. Аминокислоты

$\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Химические свойства карбоксильной и аминогрупп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (в сравнении с гидроксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацелирование - путь к пептидному синтезу. Важнейшие способы синтеза аминокислот.

### Тема 17.2. Полипептиды и белки

Полипептиды. Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

## РАЗДЕЛ 18. УГЛЕВОДЫ

### Тема 17.8. Моносахариды

Номенклатура и классификация. Стереоиomerия, конфигурационные ряды. Важнейшие представители. Кольчато-цепная таутомерия. Характерные химические свойства: окисление и восстановление, ацелирование, алкилирование, образование фенилгидразонов и озонов, переходы от низших моносахаридов к высшим и обратно.

### Тема 18.2. Ди- и полисахариды

Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды (мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза). Полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза). Представление о нахождении углеводов в природе и путях их использования.

## РАЗДЕЛ 19. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

### Тема 19.1. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом.

#### Индол и природные соединения индольного ряда

Общие методы синтеза и взаимопревращение циклов (Юрьев). Зависимость степени ароматичности от природы гетероатома и ее влияние на особенности взаимодействия гетероцикла с электрофилами. Сравнительная характеристика физических и химических свойств фурана, тиофена, пиррола и бензола. Реакции гидрирования и окисления. Фурфурол и тиофен-2-альдегид, пирролиновая кислота. Кислотные свойства пиррола и их использование в синтезе. Конденсация пиррола с формальдегидом и муравьиной кислотой. Пиррольный цикл как структурный фрагмент хлорофилла и гемоглобина. Методы построения индольного ядра, основанные на

использовании ароматических аминов и арилгидразонов. Химические свойства индола как аналога пиррола. Синтез важнейших производных. Представление о природных соединениях индольного ряда, индиго. Понятие об индигоидных красителях и кубовом крашении.

#### Тема 19.2. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом

Пиридин и его гомологи. Номенклатура и изомерия производных. Ароматичность и основность пиридинового цикла. Проявление нуклеофильных свойств: реакции с электрофилами по атому азота и образование N-окиси. Отношение пиридина и его гомологов к окислителям. Гидрирование пиридинового цикла. Влияние гетероатома на реакционную способность пиридинового цикла в целом и его отдельных положений. Аналогия в химических свойствах пиридина и нитробензола. Реакции электрофильного замещения в ядре пиридина и его N-окиси. Реакции нуклеофильного замещения водорода (реакция Чичибабина) и атомов галогена. Активность металльной группы в зависимости от ее расположения в пиридиновом ядре. Влияние положения функциональной группы в кольце на свойства гидроксид- и аминопиридинов, таутомерия гидроксипиридинов. Соли пиридиния, расщепление пиридинового цикла.

#### Тема 19.3. Хинолин и его простейшие производные

Методы построения хинолинового ядра, основанные на реакциях анилина с глицерином и карбонильными соединениями (синтезы Скраупа и Дебнера-Миллера). Окисление хинолина. Сходство и различие химических свойств пиридина и хинолина. Изохинолин. Представление о природных соединениях, лекарственных средствах и красителях - производных пиридина.

#### Литература

##### *Основная*

1. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутан К.П. Органическая химия. М.: Бинوم. 2011. 567 с.
2. Органическая химия. Под редакцией Тюкавкиной Н.А. М.: Дрофа, 2002, в 2-х кн.
3. Рамш С.М. Руководство по составлению названий гетероциклических соединений (с примерами и задачами): Учебное пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009.
4. Хлебников А.Ф., Новиков М.С. Современная номенклатура органических соединений или как правильно называть органические вещества: Учебное пособие. - СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004.
5. Органикум. М.: Мир, 2008, в 2-х томах.
6. Теренин В.И. Практикум по органической химии. М.: Бинум, Лаборатория знаний, 2010.
7. Данилин А.А., Пурыгин П.П. Диазотирование и реакции диазосоединений. Учебное пособие. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2010.
8. Вишняков В.В., Зайцев В.В., Потапова И.А., Пурыгин П.П. Основы стереохимии. Учебное пособие. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2005.

##### *Дополнительная*

1. Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1990.
2. Органическая химия. Под редакцией Тюкавкиной Н.А. М.: Дрофа, 2002, в 2-х кн. Сайкс М. Механизмы реакций в органической химии. М.: Химия, 1991.

3. Терней А. Современная органическая химия. М.: Мир, 1981, т. 1-2.
4. Роберте Дж., Кассерио М. Основы органической химии. М.: Мир, 1978, т.1-2.
5. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. М.: Мир, 1974.
6. Веселовская Т.К., Мачинская И.В., Пржиялговская Н.М. Вопросы и задачи по органической химии. М.: Высшая школа, 1977.
7. Марч Дж. Органическая химия. В 4 т. М.: Мир, 1985, т. 1-4.
8. Бокий Г.Б., Голубкова Н.А. Введение в номенклатуру ИЮПАК. М.: Наука, 1989.
9. Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии: Пособие для вузов. -4-е изд., перераб. и доп. - М.: Дрофа, 2001.
10. Шабаров Ю. С. Органическая химия. М.: Химия, 1996, ч. 1-2.
11. Березин Б.Д., Березин Д.Б. Курс современной органической химии. М.: Высшая школа, 1999.

Учебное издание

**ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Программа итогового государственного экзамена  
по направлению 020100.68 - Химия*

Составитель П. П. Пурыгин

Публикуется в авторской редакции  
Титульное редактирование *Т. И. Кузнецовой*  
Компьютерная верстка, макет *Н. П. Бариновой*

Подписано в печать 09.06.2014. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.  
Усл.-печ. л. 1,16; уч.-изд. л. 1,25. Гарнитура Times. Тираж 100 экз. Заказ №. 2530.  
Издательство «Самарский университет», 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.  
Тел. 8 (846) 334-54-23  
Отпечатано на УОП СамГУ