

Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

27.09.2012  
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 8993 /баз.

## **Х И М И Я**

**Программа государственного экзамена  
для специальности 1-31 05 01 Химия (по направлениям)**

Направление специальности:

1-31 05 01-01 «научно-производственная деятельность»

Специализация

1-31 05 01-01 06 «Химия твердого тела и полупроводников»  
(кафедра физической химии)

Минск  
2012

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

А.В. Блохин, профессор кафедры физической химии, доктор химических наук, профессор;

Л.А. Мечковский, доцент кафедры физической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

Л.М. Володкович, старший преподаватель кафедры физической химии;

Т.Н. Воробьева, профессор кафедры неорганической химии БГУ, доктор химических наук, профессор;

В.И. Тыворский, доцент кафедры органической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

Н.А. Ильина, доцент кафедры органической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

Е. И. Василевская, доцент кафедры неорганической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

М. В. Шишенок, доцент кафедры химии высокомолекулярных соединений БГУ, кандидат химических наук, доцент.

В.Л. Ломако, доцент кафедры аналитической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

А.В. Блохин, профессор кафедры физической химии БГУ, доктор химических наук, профессор;

А.Н. Рябцев, доцент кафедры органической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

Л.С. Карпушенкова, доцент кафедры неорганической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Учебно-методической комиссией химического факультета БГУ

28.12.2012, прот. № 5  
(дата, номер протокола)

Советом химического факультета БГУ

06.09.2012, прот. № 1  
(дата, номер протокола)

Научно-методическим советом БГУ

27.09.2012 прот. № 1  
(дата, номер протокола)

Ответственный за редакцию: Л.С. Карпушенкова

Ответственный за выпуск: Л.С. Карпушенкова

## Пояснительная записка

Целью государственного экзамена по химии является проверка уровня знаний фундаментальных основ химии у выпускников химического факультета Белорусского государственного университета. Программа государственного экзамена по химии включает вопросы, изучавшиеся студентами факультета в рамках различных химических дисциплин с учетом направлений специальности. Программа состоит из двух частей: первая является обязательной для всех студентов, независимо от специализации, а вторая содержит вопросы разные для разных направлений специальности.

В общей части программы материал подразделяется не по конкретным дисциплинам, а рассматривается в следующей логической последовательности: строение атома; периодическая система химических элементов; способность атомов к образованию химических связей как в молекулах, так и в твердых телах с немолекулярной структурой, строение и свойства молекул; условия и закономерности протекания химических процессов, включая условия равновесия, кинетику и термодинамику фазовых превращений, явлений на поверхностях раздела фаз, в электрохимических системах и дисперсных системах, свойства неорганических соединений; свойства и строение органических соединений, в том числе высокомолекулярных; методы исследования и анализа различных объектов. Во второй части программы представлены вопросы по специализации. Экзаменационный билет включает 4 вопроса, из них три по общей части программы, один – по специализации.

Данная программа предназначена для студентов направления «Химия (научно-производственная деятельность)» специализации «Химия твердого тела и полупроводников», проходивших обучение на кафедре физической химии.

# **Содержание программы**

## **Общая часть**

### **I. Строение электронных оболочек и ядра атома**

Волновая теория строения атома. Волновая функция, радиальная и угловые части. Квантовые числа. Многоэлектронный атом. Принцип Паули. Правило Хунда. Электронные конфигурации атомов. Основное и возбужденные электронные состояния атомов.

Спектры атомов. Межэлектронные и спин-орбитальное взаимодействия. Термы многоэлектронного атома.

Явление радиоактивности. Устойчивость ядер. Важнейшие типы радиоактивных превращений ядер. Закон радиоактивного распада. Постоянные распада. Природная и искусственная радиоактивность.

### **II. Периодический закон. периодическая система. периодичность изменения свойств элементов**

Периодический закон. Его физический смысл и значение. Периодическая система химических элементов. Формирование электронных слоев атомов и формирование периодов. s-, p-, d-, f- элементы.

Атомные и ионные радиусы. Орбитальные и эффективные (ковалентные, металлические, вандерваальсовы) радиусы. Энергия ионизации и энергия сродства атомов к электрону. Электроотрицательность. Периодичность изменения этих величин.

Периодичность изменения химических свойств элементов и образуемых ими соединений.

### **III. Химическая связь. строение и свойства молекул**

Основные типы химической связи: ковалентная, ионная, металлическая. Многоцентровая связь,  $\delta$ - и  $\pi$ - связи.

Ковалентная связь. Квантово-химическая трактовка природы химических связей и строения молекул. Химическая связь в молекуле водорода. Основные положения методов валентных связей и молекулярных орбиталей. Их сравнительные возможности.

Концепция гибридизации атомных орбиталей. Концепция отталкивания электронных пар. Пространственная конфигурация молекул и ионов.

Количественные характеристики химической связи: энергия, длина, степень ионности, дипольный момент.

Трактовка ионной связи на основе электростатических представлений.

Особенности химической связи в комплексных соединениях и механизм её образования. Теория кристаллического поля и метод молекулярных орбиталей в применении к комплексным соединениям.

Силы Ван-дер-Ваальса. Водородная связь.

Методы исследования и способы описания геометрических параметров молекул. Симметрия молекул. Основные виды изомерии молекул и принципы динамической стереохимии.

Энергетические параметры молекул. Понятие об энергиях образования молекул. Энергетические состояния: электронные, колебательные и вращательные спектры молекул.

Магнитные свойства молекул. Спектры электронного парамагнитного резонанса и ЯМР спектры – принципы и возможности исследования структуры и свойства молекул.

#### **IV. Общие закономерности химических процессов**

Постулаты и законы химической термодинамики. Функции состояния: температура, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергии Гиббса и Гельмгольца. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции. Энергетика химических реакций, закон Гесса и уравнение Кирхгофа, теплоёмкость газов, жидкостей и кристаллов.

Условия равновесия и термодинамика фазовых превращений одно- и многокомпонентных неизолированных систем. Химический потенциал компонента в идеальных и реальных конденсированных и газовых системах, выбор стандартного состояния. Растворимость твердых тел и газов в жидкости, влияние различных факторов на растворимость. Типы растворов, их термодинамическая классификация, свойства идеальных растворов. Активность, коэффициент активности и способы их определения. Ограниченная и полная взаимная растворимость компонентов в различных фазовых состояниях. Коллоидное состояние вещества. Особенности свойств дисперсных систем и их классификация. Получение и молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем, их устойчивость.

Основы термодинамического описания поверхностных явлений. Поверхностное натяжение, адгезия, смачивание, флотация, капиллярное давление. Адсорбция, уравнения адсорбции, изотерма адсорбции.

Условия равновесия систем с химическими реакциями. Константа равновесия и изменение энергии Гиббса химической реакции, их вычисление в идеальных и реальных системах. Влияние температуры и давления на химическое равновесие.

Основные понятия химической кинетики: скорость, константа скорости, порядок и молекулярность химической реакции. Основной постулат химической кинетики и его применение к простым и сложным химическим реакциям, кинетические уравнения для реакций различных порядков.

Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса, понятие об энергии активации и методах ее определения.

Теории химической кинетики: теория активных соударений и теория активированного комплекса. Термодинамический аспект теории активированного комплекса.

Особенности кинетики цепных, фотохимических и топохимических реакций: предельные явления в кинетике цепных реакций, основные законы фотохимии и понятие квантового выхода. Кинетика реакций в растворах. Клеточный эффект.

Понятие о катализе и катализаторах. Гомогенный и гетерогенный катализ. Энергетические профили каталитических реакций. Основы теории гетерогенного катализа. Физико-химические основы технологии производства аммиака, серной и азотной кислот.

Равновесие в растворах электролитов. Классификация электролитов. Основы теории Дебая-Гюккеля, ионная сила раствора и средний ионный коэффициент активности. Современные теории кислот и оснований (Бренстеда-Лоури, Льюиса-Пирсона).

Неравновесные явления в растворах электролитов: диффузия и миграция ионов в растворе. Электропроводность растворов электролитов, кондуктометрия.

Равновесные электродные процессы. Понятие о скачке потенциала на границе раздела фаз. Электрохимический потенциал. Образование и строение двойного электрического слоя. Уравнение Нернста. Стандартные электродные потенциалы. Классификация электродов и электрохимических цепей. Термодинамика обратимых электрохимических систем. ЭДС гальванического элемента и её измерение.

Кинетика электродных процессов, поляризация электродов. Плотность тока обмена как мера скорости электродного процесса.

## **V. Строение и свойства неорганических соединений**

s-Элементы. Типы химических связей. Оксиды, гидроксиды, соли. Общая характеристика. Особенности химии s-элементов II периода.

p-Элементы. Валентность и степени окисления атомов. Изменение атомных радиусов, энергии ионизации и сродства к электрону по периодам и группам. Образование катионных и анионных форм, комплексообразование. Особенности свойств p-элементов II и V периодов.

Простые вещества, образуемые р-элементами. Аллотропия и полиморфизм. Химические свойства галогенов, кислорода, озона, халькогенов, азота, фосфора, углерода, кремния.

d-Элементы. Валентность и степени окисления атомов. Изменение атомных радиусов и энергий ионизации по группам, периодам. Особенности изменения химических свойств d-элементов по группам и периодам по сравнению с р-элементами. Образование катионных и анионных форм, комплексобразование.

Гидриды. Типы гидридов: солеобразные, полимерные, летучие, гидриды внедрения. Типичные примеры и общая характеристика свойств каждой группы гидридов. Гидридокомплексы.

Оксиды. Типы оксидов: оксиды с ионной, молекулярной и полимерной структурой. Нестехиометрические оксиды. Кислотные, основные, амфотерные оксиды. Их отношение к воде, кислотам, щелочам. Окислительно-восстановительные свойства оксидов. Двойные оксиды. Пероксиды. Надпероксиды. Озониды.

Гидроксиды. Типы гидроксидов: гидроксиды с ионной, молекулярной, полимерной структурой. Кислоты, основания и амфотерные гидроксиды. Кислотно-основные свойства гидроксидов s-,p-,d-элементов изменение по периодам и группам, в зависимости от степени окисления элемента.

Соли. Соли кислородсодержащих и бескислородных кислот. Склонность элементов к вхождению в состав солей в катионной и анионной формах в зависимости от химической природы элемента и степени окисления. Простые и комплексные соли. Кристаллогидраты. Гидролиз солей.

Комплексные соединения. Типичные комплексообразователи и лиганды. Пространственная конфигурация комплексных ионов. Особенности диссоциации комплексных соединений в растворе. Карбонилы металлов. Хелатные комплексы. Многоядерные комплексы.  $\pi$ -комплексы. Равновесия комплексообразования. Факторы, определяющие состояние равновесия: природа центрального атома и лиганда, pH, ионная сила, температура. Ионные ассоциаты.

## **VI. Строение и свойства органических соединений**

Типы связей в молекулах органических соединений. Концепция гибридизации для описания ковалентных связей. Изомерия органических соединений (структурная и пространственная). Типы пространственных изомеров и их обозначения.

Алканы. Гомологический ряд, номенклатура и изомерия. Строение молекулы метана. Химические свойства алканов. Общие представления о механизме цепных свободнорадикальных реакций замещения в алканах: галоген-

нирование, сульфохлорирование, нитрование, окисление. Углеводороды в природе. Нефть и ее переработка.

Алкены. Строение молекулы этилена. Номенклатура, структурная и пространственная изомерия. Способы образования двойной связи. Дегидрогалогенирование алкилгалогенидов, дегидратация спиртов (правило Зайцева). Общие сведения о реакционной способности алкенов. Присоединение электрофильных реагентов по двойной связи. Механизм и региоселективность этих реакций. Правило Марковникова и его интерпретация.

Алкадиены. Особенности электронного строения и химических свойств 1,3-диенов. Образование продуктов 1,2- и 1,4-присоединения. Реакция Дильса-Альдера (диеновый синтез). Понятие об изопреноидах.

Алкины. Методы получения и гомологизации ацетиленов. Важнейшие химические свойства алкинов, гидратация (реакция Кучерова).

Ароматические углеводороды, особенности электронного строения и химических свойств. Понятие об ароматичности и ее критериях. Механизм и закономерности реакций электрофильного замещения в ароматическом ядре, их значение для функционализации и промышленной переработки аренов.

Галогенпроизводные углеводородов. Способы образования связи углерод-галоген. Реакции нуклеофильного замещения атома галогена как метод получения органических соединений различных классов. Представление о механизмах нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода. Конкуренция реакций нуклеофильного замещения и элиминирования. Использование представлений о закономерностях их протекания при планировании направленных синтезов на основе галогенпроизводных углеводородов. Особенности реакционной способности арилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения. Активированные галогенарены.

Получение литий- и магнийорганических соединений, их применение в органическом синтезе.

Спирты, методы синтеза важнейших представителей. Строение ОН-группы и типы реакций спиртов. Активация ОН-группы в реакциях нуклеофильного замещения. Дегидратация спиртов, получение простых и сложных эфиров. Диэтиловый эфир. Окисление спиртов.

Многоатомные спирты. Этиленгликоль. Глицерин, 1,4-бутандиол. Циклические простые эфиры. Краун-эфиры. Комплексные гликоляты меди.

Фенолы. Методы получения фенола. Строение молекулы фенола и типы реакций. Сравнительная характеристика химических свойств спиртов и фенолов. Гидрохинон.

Альдегиды и кетоны. Способы синтеза важнейших представителей. Строение карбонильной группы и типы реакций альдегидов и кетонов. Реакции с гетероатомными нуклеофилами, получение и использование производ-



ных по карбонильной группе (ацетали, имины, оксимы, гидразоны). Взаимодействие карбонильных соединений с металлоорганическими соединениями (синтез Гриньяра). Кето-енольная таутомерия и связанные с ней свойства карбонильных соединений. Строение енолят-иона. Альдольно-кратоновая конденсация и ее механизм.  $\alpha,\beta$ -Непредельные карбонильные соединения, синтез и реакции 1,2- и 1,4-присоединения. Хиноны.

Карбоновые кислоты и их производные. Основные методы получения. Сложные эфиры. Реакция этерификации и гидролиз сложных эфиров, их механизм. Взаимопревращения карбоновых кислот и их производных, представление о механизмах, роль кислотного и основного катализа. Галогенангидриды и ангидриды кислот, сложные эфиры, амиды, нитрилы. Жиры, их состав. Жирные кислоты. Непредельные и дикарбоновые кислоты.

Нитросоединения. Способы получения и важнейшие свойства. Продукты полного и частичного восстановления ароматических нитросоединений.

Амины. Классификация и основные способы получения. Химические свойства. Роль неподеленной электронной пары азота в проявлении основных и нуклеофильных свойств. Особенности свойств ароматических аминов. Реакция диазотирования и ее значение в органическом синтезе. Азосочетание, получение азокрасителей. Метилоранж.

Углеводы. Важнейшие представители моносахаридов, особенности их строения и свойств. Глюкоза. Фруктоза. Представление о строении дисахаридов и полисахаридов: сахароза, крахмал, целлюлоза.

Гидроксикислоты. Природные источники и важнейшие представители гидроксикислот: молочная, яблочная, винная, лимонная кислоты. Особенности их пространственного строения. Салициловая кислота. Представление об альдегидо- и кетокислотах. Пировиноградная, ацетоуксусная кислоты. Ацетоуксусный эфир.

Аминокислоты. Важнейшие природные  $\alpha$ -аминокислоты, особенности их строения и свойств. Представление о составе и структуре белков. Капролактамы. Пара-аминобензолсульфокислота, представление о сульфаниламидных препаратах.

Гетероциклические соединения, общие принципы их классификации. Важнейшие пяти- и шестичленные гетероароматические соединения с одним гетероатомом. Сравнительная характеристика их свойств.

## **VII. Строение и свойства высокомолекулярных соединений**

Синтез высокомолекулярных соединений. Поликонденсация (уравнения реакций синтеза полиэфиров, полиамидов, полисилоксанов, фенолформальдегидных высокомолекулярных соединений). Радикальная полимеризация

виниловых, винилиденовых и диеновых мономеров (уравнения реакций инициирования, роста, передачи и обрыва цепи). Катионная полимеризация виниловых, винилиденовых и диеновых мономеров (уравнения реакций инициирования, роста, передачи и обрыва цепи). Анионная полимеризация виниловых, винилиденовых и диеновых мономеров (уравнения реакций инициирования, роста, передачи и обрыва цепи). Координационная полимеризация виниловых и диеновых мономеров (уравнения реакций инициирования, роста, передачи и обрыва цепи).

Структура высокомолекулярных соединений. Конфигурационная изомерия. Конформационная изомерия. Гибкость цепи. Молекулярно-массовое распределение. Фазовые состояния. Морфологическая структура. Релаксационного состояния.

Свойства высокомолекулярных соединений. Набухание и растворимость. Высокоэластические и вынужденноэластические деформации. Прочность.

Полимерные материалы. Каучуки. Резины. Пластмассы. Волокна. Пленки.

Характеристика (получение, структура, свойства и применение) крупнотоннажных полимеров (полиэтилена; полипропилена; полистирола; поливинилхлорида; политетрафторэтилена; полиакрилонитрила; полиметилметакрилата; полибутадиена; полиизобутилена; полиизопрена; полихлоропрена; полиэтилентерефталата; полигksamетиленадипамида; поли-п-фенилентерефталамида).

### **VIII. Методы разделения, обнаружения и определения веществ**

Аналитическая классификация ионов и периодическая система химических элементов. Сульфидный, кислотнo-щелочной и аммиачно-фосфатный методы разделения катионов.

Экстракционные и сорбционные методы разделения и концентрирования. Факторы, определяющие межфазный перенос компонентов в экстракционных и сорбционных системах.

Хроматография. Принципы хроматографического разделения. Параметры хроматограмм. Газовая, жидкостная и сверхкритическая флюидная хроматография.

Титриметрия. Кислотно-основное, комплексометрическое и электрохимическое титрование. Кривые титрования. Индикаторы.

Гравиметрия. Варианты гравиметрии: методы осаждения, отгонки, выделения. Термогравиметрия. Реагенты-осадители: минеральные, органические.

Электроанализ. Потенциометрия, вольтамперометрия, кулонометрия.

Оптические методы анализа. Атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и молекулярно-абсорбционный анализ. Реагенты и реакции в фотометрическом анализе. Экстракционно-фотометрический анализ.

Радиоактивационный анализ. Масс-спектральный анализ. Колебательная спектроскопия (ИК и КР).

Спектральные методы анализа и исследования. Люминесцентный анализ, ЭПР- и ЯМР-спектроскопия.

Основы рентгеноструктурного анализа. Дифракция рентгеновских лучей. Определение параметров решетки и симметрии кристалла.

Методы исследования поверхности. Оже-электронная спектроскопия. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия. Электронный микрозонд. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая спектроскопия.

### **Направление специальности:**

**1-31 05 01-01 «Химия (научно-производственная деятельность)»**

#### **Специализация**

**1-31 05 01-01 06 «Химия твердого тела и полупроводников»**

**(кафедра физической химии)**

Кристаллохимические критерии полупроводниковых свойств. Метод контролируемой дефектности в полупроводниковых соединениях. Точечные дефекты и термодинамика точечных дефектов в кристаллах полупроводников. Оптические свойства полупроводников.

Перспективы миниатюризации и процессы атомно-молекулярного самостроения в технологии изготовления предельно миниатюрных приборов.

Кинетические особенности протекания гетерогенных процессов и методы их исследования.

Принципы работы, классификация и устройство химических сенсоров. Новые материалы для химических сенсоров и методы получения тонких пленок различного состава.

Основные принципы и экспериментальные методы физико-химического анализа.

Критерий устойчивости фазы и гетерогенных систем относительно прерывных и непрерывных изменений состояния.

Термодинамическое обоснование типов диаграмм состояния. Дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса.

Явления переноса в твердых телах. Контактные явления в твердых телах.

Температурные шкалы и методы измерения температуры. Калориметрические методы исследования.

Основные понятия электрохимической кинетики. Уравнение Батлера-Фольмера. Классификация и общая характеристика методов исследования в электрохимической кинетике.

Термодинамическая теория твердофазных процессов.

Физическая химия процессов получения современных наноматериалов. Особенности их структуры и физико-химических свойств.

Методы и механизмы синтеза твердофазных функциональных материалов. Процессы зародышеобразования.

Принципы статистического описания макроскопических систем. Понятие о фазовом пространстве. Вычисление термодинамических свойств идеальных газов по молекулярным данным. Термодинамическая вероятность состояния. е-теорема Больцмана. Статистическая сумма для  $\mu$ - и  $\Gamma$ -пространств.

Мицеллярные растворы поверхностно-активных веществ, их свойства и общая характеристика.

Физико-химические и коллоидно-химические принципы очистки воздуха и воды. Эволюция антропогенных загрязнений в окружающей среде.

## Литература

### Основная

1. Неорганическая химия: в 3 т. / Под ред. Ю.Д.Третьякова.– М.: Akademia, 2004-2008.
2. Неорганическая химия. Химия элементов: в 2 т. / под ред. Ю. Д. Третьякова. М. : МГУ, 2007.
3. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия: в 2 т. М. : Мир, 2004.
4. Хаускрофт К., Констебл Э. Современный курс общей химии. в 2 томах. М: Мир, 2002
5. Физическая химия. Под редакцией Краснова К.С. Т.1, Т.2, М.: Высшая школа, 2001. Разделы III, IV, V, VI, VII, VIII.
6. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М., Высшая школа, 2004, Главы I-V.
7. Шабаров Ю.С. Органическая химия. М.: Химия, 2002.
8. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Бином. Лаборатория знаний. 2003
9. Шишонок, М. В. Высокомолекулярные соединения. Минск: Вышэйшая школа, 2012.
10. Шишонок, М. В. Л.П. Круль. Основы химии высокомолекулярных соединений. Минск: БГУ, 2010.
11. Основы аналитической химии. В 2-х кн. под редакцией Ю.Л.Золотова. М.: Высшая школа, 2002.
12. Колесов В.П. Основы термехимии. – М.:1996.
13. Дамаскин Б.Б. Принципы современных методов изучения электрохимических реакций. – М.: 1965.
14. Экспериментальные методы химической кинетики /под ред. Н.М.Эмануэля и др. – М.:МГУ, 1981.
15. Новоселова А.В. Методы физико-химического анализа в неорганическом синтезе. – М.: Высшая школа, 1989.
16. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела: в 2 томах. –М.: Металлургия, 1995
17. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. – М.:Высшая школа, 1982.
18. Кабо Г.Я., Роганов Г.Н., Френкель М.Л. Термодинамика и равновесие изомеров. Мн.: Университетское, 1987.
19. Гилевич М.П., Покровский И.И. Химия твердого тела.-Мн.: Университетское, 1985.
20. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков.- М.:МИСИС, 2003.
21. Кнотько А.В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела. – М.: Академия, 2006
22. Тонкие пленки. Взаимная диффузия и реакции. /под ред.Дж.Поута и др.- М.:1982
23. Бокрис Дж. Химия окружающей среды. – М.:Химия 1982.
24. Холмберг К., Йенсон Б. и др. Поверхностно-активные вещества и полимеры в важных растворах. – М.:Бином. Лаборатория знаний. 2007.

### Дополнительная

25. Хьюи, Дж. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность М. : Химия, 1987.
26. Общая химия в формулах, определениях, схемах / под ред. В. Ф. Тикавого. Минск: Университетское, 1996.
27. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. Химия, 1979, 1991.
28. Нейленд О.Я. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1990.
29. Бёккер Ю. Спектроскопия. М.: Техносфера, 2009