

Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

23.03.2018

Регистрационный № УД 2018/4 / уч.



**Государственный экзамен по специальности, направлению  
специальности, специализации**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
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  
кафедра неорганической химии

Минск  
2018

Программа государственного экзамена составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 01-2013 и учебного плана G-31-155/уч 2013 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

С.В. Ващенко, доцент кафедры неорганической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

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

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

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

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

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, заведующая кафедрой неорганической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

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

И.В. Мельситова, доцент кафедры аналитической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

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

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой неорганической химии химического факультета БГУ

\_\_\_\_\_ прот. №

(дата, номер протокола)

Кафедрой физической химии химического факультета БГУ

\_\_\_\_\_ прот. №

(дата, номер протокола)

Учебно-методической комиссией химического факультета БГУ

\_\_\_\_\_ прот. №

(дата, номер протокола)

Советом химического факультета БГУ

\_\_\_\_\_ прот. №

(дата, номер протокола)

## Пояснительная записка

Целью государственного экзамена по химии является проверка уровня знаний фундаментальных основ химии у выпускников химического факультета Белорусского государственного университета. Государственный экзамен по химии является интегрированным; программа государственного экзамена по химии включает вопросы, изучавшиеся студентами факультета в рамках различных химических дисциплин с учетом направлений специальности и специализации.

Данная программа предназначена для студентов направления «Химия (научно-производственная деятельность)» специализации «Химия твердого тела и полупроводников», подготовку по которой обеспечивают совместно кафедры неорганической химии и кафедра физической химии.

В общей части программы материал подразделяется на модули. В модуле «Получение, анализ, структура и свойства химических веществ» рассматривается 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, свойства неорганических соединений; свойства и строение органических соединений, в том числе высокомолекулярных; методы исследования и анализа различных объектов. В модуль «Физико-химические закономерности химических процессов» включены условия и закономерности протекания химических процессов, включая условия равновесия, кинетику и термодинамику фазовых превращений, явления на поверхностях раздела фаз, в электрохимических системах и дисперсных системах. В модуле направления специальности рассматриваются вопросы строения кристаллических и аморфных твердых фаз, общие особенности химических реакций с участием твердых тел. В заключительной части программы представлены вопросы по специализации.

Экзаменационный билет включает 4 вопроса по количеству модулей, представленных в программе.

При подготовке к Государственному экзамену по химии формируются следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-31 05 01 «Химия (по направлениям)»:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-7. Пользоваться в равной степени двумя государственными языками Республики Беларусь и иным иностранным языком как средством делового общения.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

## Содержание программы

### 1. Модуль «Получение, анализ, структура и свойства химических веществ»

#### 1.1. Строение электронных оболочек и ядра атома. Периодический закон. Строение и свойства молекул

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.

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.

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.

## 1.2. 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 p-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 p-элементами. Образование катионных и анионных форм, комплексообразование.

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, рН, ионная сила, температура. Ионные ассоциаты.

### **1.3. Строение и свойства органических соединений, включая высокомолекулярные**

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: галогенирование, 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 производных 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.

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; полигксаметиленадипамида; поли-  
п-фенилен-терефталамида.

#### **1.4. 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 микронзонд. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая спектроскопия.

## **2. Модуль «Физико-химические 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 Кирхгоффа, 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.

### **3. Модуль вопросов направления специальности:**

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

Понятие симметрии. Операции симметрии и элементы симметрии. Точечные элементы симметрии. Оси симметрии, порядки осей, плоскость симметрии, центр инверсии. Распределение групп симметрии по классам и сингониям. Порядок групп симметрии.

Открытые элементы симметрии - трансляции, плоскости скольжения, винтовые оси. Узловые ряды и узловые сетки. Симметрия узловых сеток. Пространственные решётки. Трансляционные группы симметрии. Правила выбора элементарных ячеек пространственных решеток, их типы. Ячейки Браве.

Дифракционные методы исследования - рентгеноструктурный анализ (РСА), электронный структурный (ЭСА), нейтронный структурный анализ (НСА). Их сравнительные возможности.

Способы описания химической связи в твёрдых телах. Влияние характера химической связи на тип кристаллической структуры. Кристаллы ковалентные, ионные, металлические, молекулярные. Различные подходы к классификации кристаллических структур.

Металлическая связь. Структурные типы металлов. Полиморфизм металлов. Кристаллические структуры металлов различных групп Периодической системы элементов.

Кристаллические структуры простых веществ неметаллов. Изменения характера кристаллических структур простых веществ, относящихся к одной группе Периодической системы элементов, с увеличением порядковых номеров элементов.

Классическая и современная трактовка изоморфизма. Типы изоморфных замещений. Твёрдые растворы замещения. Правило Вегарда. Изовалентные и гетеровалентные замещения. Полиморфизм. Виды полиморфизма.

Дефекты в кристаллах. Типы точечных дефектов. Равновесные и биографические дефекты. Дислокации.

Диффузия в твердых телах. Механизмы диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии; самодиффузия.

Фазовые переходы в твердых телах. Термодинамическая классификация. Переходы 1 и 2-го рода. Переходы реконструктивные и деформационные, затрагивающие первую и вторую координационную сферу. Переходы типа «порядок-беспорядок».

Модель квазисвободных электронов. Образование разрешенных и запрещенных зон в твердом теле. Теория сильно связанных электронов. Особенности зонного строения металлов, диэлектриков, полупроводников.

Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках. Уровень Ферми в полупроводниках и металлах.

Активное состояние твердых тел. Термодинамическая интерпретация активного состояния. Экспериментальное определение активности. Влияние размера кристаллитов на их химическую активность.

Общие особенности различных типов химических реакций с участием твердых тел. Реакции типа «твердое+твердое». Понятие «топохимическая реакция». Кинетика разложения твердых тел. Лимитирующие стадии твердофазных реакций.

Полупроводниковые материалы. Особенности физических свойств, кристаллической структуры и химической связи в полупроводниковых материалах. Влияние различных факторов на ширину запрещенной зоны, тип и величину проводимости. Нестехиометрические полупроводниковые соединения.

Органические полупроводники. Соединения с поли- $\pi$ -сопряженными связями, комплексы с переносом зарядов, молекулярные кристаллы. Дефекты альтернирования связей; механизмы образования свободных носителей зарядов в транс-полиацетилене.

Металлические материалы. Факторы, влияющие на физические и химические свойства металлов. Твердые растворы, интерметаллические соединения, гетерогенные сплавы. Факторы, определяющие механические свойства металлов и сплавов.

Диэлектрические материалы. Керамические материалы. Пористые и скелетные структуры. Конструкционные и строительные материалы. Вяжущие материалы.

Стекла. Влияние различных факторов на стеклообразование, способность стекол к кристаллизации. Полупроводниковые стекла.

Магнитные свойства кристаллов. Парамагнетики, ферро-, ферри- и антиферромагнетики. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Доменная структура.

Сегнетоэлектрические свойства кристаллов. Примеры сегнетоэлектриков и их использование. Фазовый переход в титанате бария. Пьезоэлектрики.

Выращивание монокристаллов из растворов, растворов-расплавов и паровой фазы. Использование фазовых диаграмм состояния для управления процессами выращивания монокристаллов.

Получение пленок и покрытий. Вакуумные методы получения пленок. Осаждение пленок из растворов с использованием реакций гидролиза и восстановления.

Принципы очистки веществ с использованием равновесий жидкость-пар, твердое-пар, твердое-жидкое, а также с применением химических превращений.

#### **4. Модуль вопросов специализации**

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

Калориметрические методы исследования.

Термодинамическая и химическая эксергия веществ и систем. Принципы эксергического анализа технологических процессов.

Принципы аддитивных расчетов физико-химических свойств веществ. Корреляции в физической химии.

Явления переноса в твердых телах.

Структура и методы легирования полупроводниковых материалов.

Контактные явления в твердых телах.

Оптические свойства полупроводников

Физико-химические особенности процессов получения, свойства и применение пленочных функциональных материалов.

Механизмы твердофазных реакций. Термодинамика процессов зародышеобразования.

Классификация методов и принципы расчета физико-химических свойств веществ.

Измерение и расчет теплоемкости и тепловых эффектов различных процессов. Расчет термодинамических функций соединений.

Характеристика энергоресурсов и энергопотребления в РФ

Аддитивные методы расчета физико-химических свойств, базирующиеся на классической теории строения молекул

Расчетные методы физико-химических свойств веществ, базирующиеся на фундаментальных физических теориях

Температурные шкалы и методы измерения температуры.

Понятие о результате физико-химического эксперимента как случайной величине. Классификация ошибок измерения и их особенности.

Классификация нанокристаллических материалов, основанная на методах их получения и структуре.

Понятие об эксергии и расчет эксергии различных процессов

Современные методы исследования поверхности и объема вещества

Принципы и методы миниатюризации в современной микроэлектронике

Перенапряжение в электрохимических системах. Уравнение Фольмера-Батлера и его анализ.

Классификация функциональных материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения. Принципы конструирования новых материалов.

Явление магнетизма. Магнитные неорганические твердофазные материалы – классификация, свойства и области применения.

Роль поверхности в химии твердого тела. Поверхности атомарно-чистые и атомарно-гладкие. Характер химической связи на поверхности.

Механизмы взаимодействия электронов с веществом. Использование быстрых электронов в исследованиях элементного состава и морфологии поверхности твердых тел.

Ионно-плазменные и плазмохимические методы очистки и травления поверхности.

Физико-химические основы процессов фотолитографии и их применение в электронной технике.

Химическое модифицирование поверхности твердых тел. Основные типы модификаторов. Способы закрепления реагентов на поверхности твердых тел.

Распределение скачка потенциала на гетерогранице полупроводник/электролит. Электрохимическая поляризация полупроводниковых электродов.

Общие принципы расчета ионных равновесий в водных растворах.

Вторичные концентрационные переменные и их использование для расчета констант устойчивости комплексных соединений.

Коррозия. Классификация коррозионных процессов. Типы коррозионных разрушений. Фотокоррозия полупроводников в растворах электролитов.

Особые свойства вещества в наносостоянии. Условия и причины возникновения размерных эффектов. Физические явления, связанные с проявлением размерных эффектов (понижение температуры плавления, особенности электрических и магнитных свойства наночастиц, оптических спектров наночастиц полупроводников и металлов). Размерные эффекты в химии.

Нанообъекты (кластеры, наночастицы, структуры с квантово-размерным эффектом (квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки).

Методы получения вещества в ультрадисперсном состоянии. Принципы снизу-вверх и сверху-вниз. Основные методы синтеза наночастиц металлов и полупроводников. Возможности управления размерами и формой наночастиц при использовании различных методов синтеза. Основные принципы создания ансамблей наночастиц. Понятие о самоорганизации. Простейшие способы создания ансамблей наночастиц (испарение капли и медленная дестабилизация коллоидных дисперсий). Коллоидные кристаллы.

Молекулярное и ионное наслаивание как методы синтеза наноструктур. Литографические методы создания наноструктур (мягкая литография, перьевая нанолитография).

Нанохимия углерода. Фуллерены, тубулены (углеродные нанотрубки), графен.

Нанохимия металлов. Основные способы получения и особые свойства наноразмерных частиц металлов.

Особые свойства наночастиц полупроводников. Ключевые направления развития методов синтеза наночастиц полупроводников (синтез с использованием в качестве стабилизаторов тиолов, TOP – ТОРО синтез, получение частиц ядро-оболочка; слоистых сферических частиц - систем “Quantum Dot Quantum Wells”).

## Рекомендуемая учебная 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. Хаускрофт К., Констебл Э. Современный курс общей химии. в 2 томах. М: Мир, 2002
4. Физическая химия. Под редакцией Краснова К.С. Т.1, Т.2, М.: Высшая школа, 2001. Разделы III, IV, V, VI, VII, VIII.
5. Савицкая Т. А. Коллоидная химия : опорный конспект лекций для студ. спец. 1-31 05 01 "Химия" / Т. А. Савицкая, Д. А. Котиков. - Минск : БГУ, 2009.
6. Шабаров Ю.С. Органическая химия. М.: Химия, 2002.
7. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Бином. Лаборатория знаний. 2003
8. Шишонок, М. В. Высокмолекулярные соединения. Минск: Вышэйшая школа, 2012.
9. Шишонок, М. В. Л.П. Круль. Основы химии высокомлекулярных соединений. Минск: БГУ, 2010.
10. Основы аналитической химии. В 2-х кн. под редакцией Ю.Л.Золотова. М.: Высшая школа, 2002.
11. Колесов В.П. Основы термодинамики. – М.:1996.
12. Дамаскин Б.Б. Принципы современных методов изучения электрохимических реакций. – М.: 1965.
13. Экспериментальные методы химической кинетики /под ред. Н.М.Эмануэля и др. – М.:МГУ, 1981.
14. Новоселова А.В. Методы физико-химического анализа в неорганическом синтезе. – М.: Высшая школа, 1989.
15. Воробьева Т. Н., Кулак А.И., Свиридова Т.В. Химия твердого тела: Классический университетский учебник. –Минск: БГУ, 2011.
16. Кабо Г.Я., Роганов Г.Н., Френкель М.Л. Термодинамика и равновесие изомеров. Мн.: Университетское, 1987.
17. Татевский В.М. Теория физико-химических свойств молекул и веществ.- М.:МГУ, 1987.
18. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. – М.:Химия, 1988.
19. Кнотько А.В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела. – М.: Академия, 2006
22. Каратаева, Т. П. Основы кристаллохимии/ Т.П. Каратаева - Минск: БГУ, 2001
23. Мечковский, Л.А. Химическая термодинамика : пособие для студентов, обуч. по спец. 1-31 05 01 "Химия (по напр.)" : в 2 ч. / Л. А. Мечковский, А. В. Блохин ; Бел. гос. ун-т. - Минск : БГУ, 2013.

24. О.В. Сергеева, С.К. Рахманов. Введение в нанохимию: пособие для студентов химического факультета. Мн.: БГУ. 2009.

### **Дополнительная**

1. Хьюи, Дж. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность М. : Химия, 1987.
2. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия: в 2 т. М. : Мир, 2004.
3. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. Химия, 1979, 1991.
4. Нейленд О.Я. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1990.
5. Бёккер Ю. Спектроскопия. М.: Техносфера, 2009
6. Урусов, В.С.. Кристаллохимия. Краткий курс./ В.С.Урусов, Н.Н. Ерёмин -М.:Изд-во МГУ 2010.
7. Воробьева, Т. Н. Прикладная химия твердого тела: материалы и процессы твердотельной электроники. Пособие для студентов химического факультета. – Минск: БГУ. 2013.
8. Воробьева Т. Н., Василевская Е. И. Химия поверхности и тонких пленок. – Минск: БГУ, 2009.
9. Савицкая Т.А. Коллоидная химия : строение двойного электрического слоя, получение и устойчивость дисперсных систем : пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 1-31 05 01 "Химия (по направлениям)" / Т. А. Савицкая, Д. А. Котиков, Т. А. Шичкова ; БГУ. - Минск : БГУ, 2013.
10. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. – М.:Высшая школа, 1982.
- Егоров- Тисменко, Ю.Г. Кристаллография и кристаллохимия /Ю.Г.Егоров-Тисменко.-М.: Изд-во КДУ, 2005.
11. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. М.: Из-во Московского ун-та. 2003.

**1. ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К ПРОГРАММЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА УВО**  
на 201 / 201 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании Совета химического факультета (протокол № от \_\_\_\_\_.)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Доктор химических наук,

Член-корр. НАН Беларуси \_\_\_\_\_

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Д.В. Свиридов

(И.О.Фамилия)