

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

14.

Регистрационный № УД- 4948 / ур.

Государственный экзамен по специальности

Учебная программа учреждения высшего образования
для специальности:

1-31 05 04 Фундаментальная химия

Минск
2018

Программа государственного экзамена составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 04-2013 и учебного плана G-31-147/уч 2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

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

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

Д.В. Свиридов, профессор кафедры неорганической химии БГУ, доктор химических наук, профессор;

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

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

О.В. Сергеева, доцент кафедры неорганической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

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

Д.А. Асташко, заведующий кафедрой органической химии БГУ, кандидат химических наук, доцент;

М. В. Шишенок, доцент кафедры 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;

Е. А. Стрельцов, заведующий кафедрой электрохимии БГУ, доктор химических наук, профессор;

И. Л. Юркова, профессор кафедры аналитической химии БГУ, доктор химических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Учебно-методической комиссией химического факультета БГУ

прот. №

(дата, номер протокола)

Советом химического факультета БГУ

прот. №

(дата, номер протокола)

Научно-методическим советом БГУ

прот. №

(дата, номер протокола)

Пояснительная записка

Целью государственного экзамена по специальности «Фундаментальная химия» является проверка уровня знаний фундаментальных основ химии у выпускников химического факультета Белорусского государственного университета. Государственный экзамен является интегрированным; программа государственного экзамена включает вопросы, изучавшиеся студентами факультета в рамках различных химических дисциплин с учетом разных направлений современной химической науки.

Данная программа предназначена для студентов специальности 1-31 05 04 «Фундаментальная химия», срок обучения которых составил 5 лет.

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; основные положения химии твердого тела и закономерности протекания твердофазных реакций, 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 «Химия материалов» рассматриваются вопросы строения кристаллических и аморфных твердых фаз, общие особенности химических реакций с участием твердых тел, закономерности синтеза и свойств веществ в нанодисперсном состоянии, вопросы химии, электрохимии и наноэлектрохимии полупроводниковых материалов. Модуль «Теоретические основы современной химии» отражает целостную систему представлений о теоретических основах современной химической науки, включает вопросы об основах теории строения и реакционной способности неорганических и органических соединений, природы химической связи, движущих причин и механизмов химических реакций.

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

При подготовке к Государственному экзамену формируются следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-31 05 04 «Фундаментальная химия»:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач
- АК-2 Владеть системным и сравнительным анализом
- АК-3 Владеть исследовательскими навыками
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.
- ПК-5. Формулировать и решать задачи, возникающие в процессе производственно-технологической деятельности.
- ПК-6. На основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины не оптимальности технологических процессов и разрабатывать пути их устранения.

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, δ - и π - 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. Кисотно-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. π -комплексы. Равновесия комплексообразования. Факторы, определяющие состояние равновесия: природа центрального атома и лиганда, pH, ионная сила, температура. Ионные ассоциаты.

1.3. Строение и свойства органических соединений, включая высокомолекулярные и биомолекулы

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 ацетилена. 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. α,β -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 α -аминокислоты, особенности их строения и свойств. Представление о составе и структуре белков. Капролактam. 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; полигksamетиленадипамида; поли-
п-фенилен-терефталамида.

Ферменты (энзимы) как катализаторы белковой природы. Особенности действия ферментов: высокая эффективность, специфичность, мягкие условия протекания реакции, способность к регуляции. Количественное определение ферментативной активности (по убыли субстрата и по нарастанию продукта), способы её выражения. Международная классификация ферментов. Общая характеристика основных классов ферментов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы (синтетазы).

Строение и биологические функции высших жирных кислот. Незаменимые высшие жирные кислоты (ВЖК). Метаболизм высших жирных кислот (ВЖК). Этапы катаболизма ВЖК. Типы окисления ВЖК: α -, β - и ω -окисление.

Холестерин: химическое строение, функции, принципы классификации. Пути поступления, использования и выведения холестерина. Биосинтез холестерина, его этапы, последовательность реакций, характеристика ферментов, лимитирующие стадии. Регуляция биосинтеза холестерина. Ингибиторы биосинтеза холестерина как лекарственные препараты.

Структурные типы биогенных аминокислот: аминокарбоксикислоты (α -аминокислоты, D- и L-изомеры; β -аланин, γ аминomásляная кислота) и другие (аминосульфокислота таурин, пара-аминобензойная кислота). Кислотно-основные свойства аминокислоты, амфотерность, цвиттер-ионы, константы кислотности pK_a и изоэлектрическая точка pI . α -Аминокислоты, их номенклатура. Биологические функции аминокислот. Химическая и ферментативная модификация аминокислот по α -аминогруппе, α -карбоксильной группе, боковому радикалу. Качественные реакции на аминокислоты. Методы количественного определения аминокислот.

ДНК, её локализация в клетке и биологическая функция. Первичная структура ДНК. Вторичная структура ДНК. Антипараллельность. Суперспирализация. Денатурация и ренатурация ДНК.

1.4. Методы разделения, обнаружения и определения веществ

Аналитическая классификация ионов и периодическая система химических элементов. Сульфидный, кислотно-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.

1.5. Структура и физико-химические превращения твердых тел

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

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

Полупроводниковые материалы. Особенности физических свойств, кристаллической структуры и химической связи в полупроводниковых материалах. Влияние различных факторов на ширину запрещенной зоны, тип и величину проводимости. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках. Уровень Ферми в полупроводниках и металлах.

Общие представления о выращивании монокристаллов. Получение монокристаллов из расплавов методами Бриджмена-Стокбаргера, Чохральского, Вернейля, бестигельной зонной плавкой. Получение монокристаллов из паровой фазы (газотранспортные реакции, процессы термического разложения, восстановления, диспропорционирования, обратимые реакции окисления-восстановления).

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

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

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

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

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 «Химия материалов»

3.1. Наноматериалы

Особые свойства вещества в наносостоянии. Условия и причины возникновения размерных эффектов. Физические явления, связанные с проявлением размерных эффектов (понижение температуры плавления, ,

особенности электрических и магнитные 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 – TOPO синтез, получение частиц ядро-оболочка; слоистых сферических частиц - систем “Quantum Dot Quantum Wells”).

3.2. Молекулярно организованные системы

Основные принципы супрамолекулярной химии.

Самоорганизация противоположно-заряженных полиэлектролитов. Самоассемблирующиеся монослои: самоорганизация монослоев тиолов и дисульфидов на поверхности золота и серебра.

Молекулярные машины.

Природные и синтетические липосомные мембраны. Ионные каналы.

Химия комплексов “гость-хозяин”.

3.3. Описание макроскопических систем

Способы описания макроскопических систем –макроскопический, термодинамический, статистический. Понятие о фазовом пространстве. Теорема Лиувилля и эргодическая гипотеза.

Виды движения и уровни энергии молекул идеального газа. е-теорема Больцмана. Вычисление термодинамических свойств идеальных газов по молекулярным и спектральным данным.

Понятие о статистической сумме и ее соотношение с термодинамическими свойствами веществ.

Модели жидкостей и кристаллов и особенности расчетов термодинамических свойств веществ в конденсированном состоянии.

3.4. Материалы с полупроводниковыми свойствами

Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии на полупроводниковых электродах. Принцип работы и классификация солнечных элементов с использованием контакта полупроводник-электролит.

Фотоэлектрохимическое определение важнейших характеристик полупроводниковых материалов: типа проводимости, ширины запрещенной зоны, концентрации основных носителей тока, потенциалов плоских зон.

Полупроводниковый нанофотокатализ.

Электрохимический синтез полупроводников.

3.5. Полимерные материалы

Синтез, структура, свойства и применение каучуков специального назначения. Резины: получение и структура высокомолекулярных соединений; компоненты резиновых смесей. Свойства резиновых материалов технического назначения. Пленки искусственные и синтетические. Формование, структура, свойства и применение.

Высокопрочные высокомолекулярные термостойкие волокна на основе жидкокристаллических высокомолекулярных соединений. Принципы формования. Структура, свойства и применение.

Стеклопластики. Углепластики. Органопластики. Структура компонентов и композита. Получение, свойства и применение.

«Синтетические» металлы: структура, свойства и применение.

Полимерные наноматериалы; наночастицы, нанорулоны, нанокапсулы. нанопористые пленки.

4. Модуль «Теоретические основы современной химии»

4.1. Равновесные процессы в растворах

Закон действующих масс и общая характеристика кислотно - основных систем. Равновесия в растворах кислот, оснований, солей. Равновесия в растворах амфолитов. Расчет минимальной растворимости осадков амфолитов.

Описание равновесий в водных растворах малорастворимых соединений. Растворимость малорастворимых соединений в избытке осадителя, обладающего комплексообразующими свойствами. Расчет минимальной растворимости малорастворимых соединений. Растворимость малорастворимых соединений с учетом протолитических реакций их ионов.

4.2. Теоретические основы неорганической химии

Окислительно-восстановительные реакции во внешней и внутренней сферах. Принцип Франка-Кондона. Энергия внешнесферной реорганизации. Энергия внутрисферной перестройки. Различия между внутрисферным и внешнесферными механизмами. Образование мостиковой связи и перенос электронов в мостиковом промежуточном соединении, как лимитирующие стадии. Окислительно-восстановительные реакции присоединения и элиминирования.

Влияние различных факторов на кинетику и механизм реакций замещения. Влияние свойств растворителя, незамещаемых лигандов (стерический, хелатный, цис- и транс- эффекты), влияние замещаемого и входящего лигандов, pH среды.

Реакции замещения в комплексах различной симметрии, Реакции в тетраэдрических комплексах. Реакции в плоско квадратных комплексах. Ассоциативный механизм реакций замещения, кинетические проявления и примеры реакций. Диссоциативный механизм реакций замещения. Кинетические проявления и примеры реакций.

Основные стадии каталитического цикла. Монсанто-процесс как пример каталитического цикла.

4.3. Современная прикладная электрохимия

Электролиз воды. Выбор условий (состава электролита, температуры, давления, плотности тока, материала электродов и др.) для получения водорода.

Промышленное получение хлора. Используемые электроды и электролизеры. Факторы, влияющие на выход продуктов по току и напряжению на ячейке.

Электросинтез хлоратов металлов. Механизм электрохимических процессов и условия электролиза.

Электрохимическое получение перманганата калия и обоснование выбора условий электросинтеза.

Промышленное получение щелочей. Используемые электроды и электролизеры. Катодные процессы при использовании ртутных катодов.

Электрохимический синтез пероксикислот серы. Условия электросинтеза и факторы, влияющие на выход продуктов. Использование пероксодисерной кислоты и персульфатов.

4.4. Современная аналитическая химия

Биосенсоры, основные функциональные блоки, классификация, аналитические характеристики. Биосенсоры на основе аптамеров и молекулярно-импринтированных полимеров. Амперометрические ферментные биосенсоры. Оптические биосенсоры: оптоволоконные и на основе поверхностного плазмонного резонанса.

Биочипы планарные (принцип работы, производство, детектирование). Суспензионные биочипы: классические и на основе Au-наночастиц.

Применение квантовых точек и одностенных углеродных нанотрубок в качестве спектральных маркеров в биочипах, их преимущества в сравнении с органическими флуорофорами.

Микрофлюидные чипы (лаборатория на чипе). Способы выполнения основных стадий анализа: ввод пробы, смешивание реагентов, фильтрация и концентрирование пробы, детектирование.

Визуализирующая масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС).

Масс-спектрометрия с поверхностно-усиленной лазерной десорбцией-ионизацией (ПУЛДИ МС). Тандем ТСХ и масс-спектрометрии с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС). Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС).

4.5. Теоретические основы органической химии

Концепция гибридных орбиталей; ее применение к описанию строения метана.

π -Связи в этилене, ацетилене, карбонильной группе. Теория возмущений молекулярных орбиталей. Возмущения первого и второго порядка. Орбитали линейных и циклических сопряжённых полиенов, их построение на основе метода возмущений, симметрия и узловые свойства. Альтернантные и неальтернантные углеводороды. Особенности строения нечётных линейных полиенов. Циклические π -системы. Бензол и его молекулярные орбитали. Ароматичность и антиароматичность, круг Фроста. Экспериментальные критерии ароматичности: термодинамический, структурный, магнитный. Энергии делокализации и ароматичность. Теория ароматичности Хюккеля-Мёбиуса. Теория резонанса.

Слабые химические связи. σ - и π Комплекс. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Индуктивный эффект, эффект поля (полярный эффект). Мезомерный эффект (эффект сопряжения). Концепция мезомерии и резонанса. Эффект сверхсопряжения (гиперконъюгации) и его объяснение в рамках теории молекулярных орбиталей.

Электростатические (диполь-дипольные), электрокинетические и обменные взаимодействия. Дипольный момент и поляризуемость молекулы. Радиус Ван-дер-Ваальса. Индуктомерный и электромерный эффекты. Классификация растворителей. Ионизация и диссоциация. Ионные пары. Сольватация реагентов, переходного состояния и продуктов реакций. Теория Хьюза-Ингольда.

Теория переходного состояния. Поверхность потенциальной энергии, маршрут и координата реакции. Величина энтропии активации для реакций разных типов. Понятие о кинетическом и термодинамическом контроле состава продуктов реакций. Принцип Кертиса-Гаммета. Принцип Белла-Эванса-Поляни и постулат Хэммонда.

Методы установления механизмов органических реакций. Обнаружение и идентификация интермедиатов. Изотопные метки, дейтерий-обмен. Кинетика (порядок и молекулярность, кинетический закон) и термодинамика реакций. Кинетические изотопные эффекты. Принцип линейности свободных энергий. Корреляционное уравнение Гаммета. Стандартные реакционные серии. Константы заместителей и константы реакций, их знак и абсолютная величина. Причины отсутствия линейности корреляции.

Теория перициклических реакций. Классификация перициклических реакций. Характерные особенности. Молекулярно-орбитальная теория перициклических реакций. Перициклические орбитали; супраповерхностные и антараповерхностные взаимодействия. Хюккелевское и мёбиусовское число электронов. Хюккелевская и мёбиусовская топология переходного состояния. Разрешённые и запрещённые реакции; относительность такого разграничения. Объяснение разрешённых и запрещённых путей реакций методами граничных орбиталей, корреляционных диаграмм и ароматического и антиароматического переходного состояния. Сохранение орбитальной симметрии. Правила Вудворда-Хоффмана.

Циклоприсоединение и электроциклические реакции. Применение метода ВМО к анализу этих реакций. Метод граничных орбиталей, корреляционных диаграмм и ароматического переходного состояния. Классификация реакций циклоприсоединения по числу электронов, типу орбиталей и геометрии перекрывания. Термические $(4n+2p)$ реакции. Реакция Дильса-Альдера и ретродиеновый распад. Их механизм. Конротаторные и

дисротаторные процессы. Правила Вудворда-Хоффмана для электроциклических реакций. Применение метода корреляционных диаграмм и метода ароматического переходного состояния к этим реакциям.

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. Высокомолекулярные соединения. Минск: Вышэйшая школа, 2012.
9. Основы аналитической химии. В 2-х кн. под редакцией Ю.Л.Золотова. М.: Высшая школа, 2002.
10. Дамаскин Б.Б. Принципы современных методов изучения электрохимических реакций. – М.: 1965.
11. Экспериментальные методы химической кинетики /под ред. Н.М.Эмануэля и др. – М.:МГУ, 1981.
12. Воробьева Т. Н., Кулак А.И., Свиридова Т.В. Химия твердого тела: Классический университетский учебник. –Минск: БГУ, 2011.
13. Кабо Г.Я., Роганов Г.Н., Френкель М.Л. Термодинамика и равновесие изомеров. Мн.: Университетское, 1987.
14. 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.
15. О.В. Сергеева, С.К. Рахманов. Введение в нанохимию: пособие для студентов химического факультета. Мн.: БГУ. 2009.
16. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. М.: Из-во Московского ун-та. 2003.
17. Стрельцов Е.А. Электрохимия полупроводников : учеб. пособие / Е. А. Стрельцов. – Минск : БГУ, – 2012. – 159 с. – (Классическое университетское издание).
18. Шишонок, М.В. Современные полимерные материалы: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2017. 278 с.
19. Сложные химические равновесия: Учеб. Пособие/А.Л.Гулевич. – Мн.:БГУ, 2002. -102 с.
20. Юркова И.Л. Биоаналитика – Минск: Изд. центр БГУ, 2017. – 359 с.
21. А. С. Днепровский, Т. И. Темникова. Теоретические основы органической химии. Химия, 1979, 1991.

- 22.Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: учебное пособие для студентов специальности "Биотехнология" вузов / Н.А. Белясова. М.: Изд. Книжный дом, 2004. – 416 с.
- 23.Шишонок, М.В. Современные полимерные материалы: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2017. 278 с.

Дополнительная

1. Хьюи, Дж. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность М. : Химия, 1987.
2. Воробьева, Т. Н. Прикладная химия твердого тела: материалы и процессы твердотельной электроники. Пособие для студентов химического факультета. – Минск: БГУ. 2013.
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. 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
7. Тоуб М. Механизмы неорганических реакций. М.: Мир, 1975.
8. Татевский В.М. Теория физико-химических свойств молекул и веществ.- М.:МГУ, 1987.
9. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. – М.:Химия, 1988.
10. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. – М.:Высшая школа, 1982.
11. Шишонок, М. В. Л.П. Круль. Основы химии высокомолекулярных соединений. Минск: БГУ, 2010.
12. Ж.-М. Лен Супрамолекулярная химия: концепции и перспективы. Новосибирск: Наука - Сибирское предприятие РАН, 1998.
13. Корольков Д. В. Электронное строение и свойства соединений непереходных элементов- Введение в теоретическую химию. СПб: Химия, 1992.
14. Прикладная электрохимия / Под ред. Н.Т. Кудрявцева. М.-Л.: Химия, 1975.
15. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера, 2005. - 335 с.
16. Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э.Тернер, И.Карубе, Дж.Уилсон. М.: Мир, 1992 – 614 с.
17. Ф. Кери, Р. Сандберг. Углубленный курс органической химии. Т.1-2, Химия, 1981.
18. Г. Беккер. Введение в электронную теорию органических реакций. Мир, 1977.
19. Биохимия: Учебник для вузов / Под ред. Е.С. Северина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 784 с.

**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)