Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Енурис

14.06.2018

Регистрационный № у Д- 4950/уч.

Государственный экзамен по специальности

Учебная программа учреждения высшего образования
для специальности:

1-31 05 03 Химия высоких энергий

Минск
2018

Пояснительная записка

Целью государственного экзамена по специальности «Химия высоких энергий» является проверка уровня знаний фундаментальных основ радиохимии и радиационной химии у выпускников химического факультета Белорусского государственного университета. Государственный экзамен является интегрированным; программа государственного экзамена включает вопросы, изучавшиеся студентами факультета в рамках как фундаментальных химических дисциплин, так и узкоспециальных, касающихся теоретических основ радиационной химии, механизмов радиохимических превращений, методов регистрации и защиты от ионизирующих излучений, обеспечения безопасной работы АЭС и других предприятий ядерного топливного цикла, включая переработку отработанного ядерного топлива и обезвреживание радиоактивных отходов.

Данная программа предназначена для студентов специальности 1-31 05 03 «Химия высоких энергий», 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 «Радиохимия» рассматриваются вопросы, связанные с получением высокорadioактивных материалов и регенерацией ядерного горючего, разработкой методов применения радионуклидов, специальной техники и оборудования для защиты от вредного воздействия ионизирующего излучения. Также в этот модуль включены вопросы, касающиеся функционирования атомных электростанций и других предприятий ядерного топливного цикла, в том числе вопросы водно-химического режима, обеспечения безопасности, утилизации радиоактивных отходов, защиты окружающей среды.

Модуль «Радиационная химия» отражает целостную систему представлений о радиационно-индуцированных процессах: методах их исследования, механизмах протекания, продуктах радиолитического разложения газов,

органических соединений, твердых фаз; а также рассматривает некоторые прикладные аспекты радиационной химии.

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 03 «Химия высоких энергий»:

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-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, 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. 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. π -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 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 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. 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. 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.

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 -карбоксылной группе, боковому радикалу. Качественные реакции на аминокислоты. Методы количественного определения аминокислот.

ДНК, ее 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 микронзонд. 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 «Радиохимия»

3.1. Радиометрия

Абсолютная и относительная радиометрия. Основные характеристики детекторов. Эталонные источники альфа-, бета- и гамма-излучений. Эталонные растворы радионуклидов. Образцовые радионуклидные источники специального назначения.

Группы радионуклидов по радиотоксичности и классы работ. Выбор необходимой активности. Операции с радиоизотопами по степени потенциальной опасности загрязнения внешней среды. Дезактивация и удаление радиоактивных отходов с рабочих мест.

Оценка погрешностей радиометрических измерений: источники ошибок, точность единичного измерения, влияние фона, χ^2 -критерий, оптимальное время измерения. Минимально детектируемая активность.

Особенности и типы полупроводниковых детекторов. Образование n-p перехода и принцип работы полупроводниковых детекторов. Спектрометры излучений на основе детекторов из особо чистого германия.

Особенности радиометрии газов и аэрозолей. Задачи и проблемы радиометрии радона. Определяемые параметры, методы и средства измерения изотопов радона.

Паспортизация РАО. Группы РАО и реперные радионуклиды при паспортизации. Методы разрушающего и неразрушающего контроля, стационарные и мобильные системы паспортизации РАО.

3.2. Прикладные аспекты радиохимии

Реакции изотопного обмена: классификация, особенности, причины протекания. Степень обмена, время полуобмена. Основное уравнение кинетики реакций идеального изотопного обмена.

Состояние радионуклидов в растворах и методы его изучения. Процессы радиоколлоидообразования. Истинные коллоиды и псевдоколлоиды. Факторы, влияющие на состояние радионуклидов в растворе.

Закономерности и особенности соосаждения радионуклидов с изотопными, специфическими и неспецифическими носителями. Процессы сокристаллизации и адсорбции. Правило Гана. Закон Хлопина. Уравнение Гендерсона-Кречека.

Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных элементов. Критический потенциал осаждения радиоактивных элементов: понятие, методы определения, влияние природы электрода на величину потенциала.

Хроматографические и экстракционные процессы в радиохимии. Иониты и экстрагенты, применяемые для выделения, разделения и изучения состояния радионуклидов. Комплексообразовательная хроматография в радиохимии. Экстракционные технологии нового поколения.

Цели и задачи промышленной, медицинской и экологической радиохимии. Схема ядерного топливного цикла и основные этапы переработки урановой руды в ядерное топливо. Аффинаж урана.

Характеристики отработанного ядерного топлива. Временное хранение ОЯТ. Задачи и основные стадии радиохимической переработки ОЯТ. ПУРЕКС, КАРБЕКС и другие процессы переработки ОЯТ.

Радиохимический контроль на АЭС. Общая характеристика объектов и методов контроля. Контроль выбросов радиоактивных газов и аэрозолей. Коррозионный мониторинг. Радиационный мониторинг в зоне влияния АЭС.

Критерии отнесения веществ к радиоактивным отходам и их классификация согласно МАГАТЭ. Основные показатели химического состава ЖРО. Требования к современным технологиям переработки ЖРО и основные технологические схемы их переработки.

Основные радионуклиды медицинского назначения и радиофармпрепараты на их основе. Выбор условий получения радионуклидов. Требования, предъявляемые к мишеням. Основные методы разделения. Способы определения радионуклидной и радиохимической чистоты препарата.

Метод радиоактивных индикаторов в химии (радиометрическое титрование, метод изотопного разбавления, определение растворимости соединений, механизма реакций и др.). Изотопная геохронология. Радиоуглеродное датирование.

Основные типы ядерных реакций, используемых для искусственного получения радионуклидов. Реакции термоядерного синтеза. Возможности и перспективы применения управляемого термоядерного синтеза.

Ядерный реактор как источник радиоактивного излучения. Классификация отечественных и зарубежных реакторов. Общие принципы функционирования и конструктивные особенности. Образование радионуклидов при нормальной работе ядерных реакторов на основе урана и возможность их попадания в окружающую среду.

Основные дозообразующие радионуклиды, образовавшиеся в результате испытаний ядерного оружия и аварий на предприятиях ядерного топливного цикла, и факторы, определяющие их миграцию в окружающей среде.

Ускорители заряженных частиц. Классификация. Линейные и циклические ускорители. Большой адронный коллайдер.

3.3. Водоподготовка в ядерной энергетике

Энергетическая стратегия в мире и Республике Беларусь. Вклад атомной энергетике в глобальное производство электроэнергии. Принцип получения электроэнергии на примере АЭС с ВВЭР. Водные ресурсы мира, Республики Беларусь и динамика их развития. Определение водно-химического режима. Задачи и технические средства ведения ВХР первого и второго контуров.

Роль воды на различных реакторных установках, ее достоинства и недостатки для реакторов типа ВВЭР. ВХР на АЭС с ВВЭР и направления его развития. Виды вод, используемых на АЭС по назначению и источнику получения. Пути поступления примесей в пароводяной тракт АЭС. Нормы качества теплоносителя при работе ВВЭР 1200 на энергетических уровнях мощности.

Основные примеси, которые могут содержаться в воде, используемой на АЭС. Важнейшие физико-химические показатели качества воды. Нормируемые и диагностические показатели. Методы их контроля.

Технологии водоподготовки и водоочистки на АЭС с ВВЭР. Фильтрование, коагуляция, флокуляция, ионный обмен, мембранные технологии очистки воды. Принципиальная схема химводоочистки на АЭС с ВВЭР 1200. Системы спецводоочистки на АЭС с ВВЭР. Назначение и принципиальные схемы СВО-1,2,3,4,5,6,7.

4. Модуль «Радиационная химия»

4.1. Основы фотохимии

Электронные переходы возбуждённых состояний в молекулах органических соединений. Хромофоры.

Первичные фотофизические процессы. Диаграмма Яблонского. Излучательные и безызлучательные переходы.

Реакции фотодиссоциация (n, σ^*)-, (n, π^*)-, (π, π^*)-возбужденных состояний органических соединений.

Фотохимические окислительно-восстановительные реакции. Сенсibilизированные реакции фотоокисления. Реакции фотоприсоединения. Циклоприсоединение [2+2], [2+4].

4.2. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений

Малые и сверхмалые дозы малой мощности радиации. Радиобиологическое и медицинское (эпидемиологическое) понятие «малые дозы» ионизирующего облучения.

Биодозиметрия поврежденного радиацией генома и оценка кумулятивной дозы (стабильные и нестабильные хромосомные аберрации). Генные мутации и радиация.

Радиационный гормезис. Естественный радиационный фон и гормезис. Механизм адаптации к радиации. Пороговая и беспороговая теории действия ионизирующих излучений.

Дозы ионизирующего излучения. Ионизационный метод дозиметрии ионизирующих излучений. Сцинтилляционный метод дозиметрии ионизирующих излучений.

Люминесцентные методы дозиметрии.

Ферросульфатная химическая дозиметрическая система.

Расчет защиты от быстрых нейтронов и особенности защиты от нейтронов.

4.3. Радиационная химия воды, водных растворов, газов, полимерных сред

Радиолиз воды. Временная шкала радиационно-химических процессов. Влияние pH, энергии и типа излучений на выходы молекулярных и радикальных продуктов радиолиза. Особенности радиационной химии воды в условиях ядерных энергетических реакторов. Радиолиз воды в газовой фазе.

Основные типы реакций свободных радикалов. Экспериментальные методы исследования радикальных реакций.

Радиационная химия водных растворов алифатических спиртов, диолов и углеводов. Радиационная химия водных растворов аминокислот, пептидов и белков. Радиационная химия водных эмульсий и суспензий липидов. Радиационная химия водных растворов нуклеиновых кислот и их структурных фрагментов. Радиационная химия углеводородов. Радиационная химия простых и сложных эфиров. Трибутилфосфат.

Радиационная химия газов. Отличия от радиолиза веществ в конденсированном состоянии. Радиолиз воздуха.

Сравнительная характеристика основных типов источников ионизирующих излучений, используемых в радиационной химии полимеров.

Промышленные радиационно-химические процессы, базирующиеся на сшивании макромолекул.

Особенности радиационного сшивания полиэлектролитов в водных растворах.

Условия осуществления и признаки протекания радиационной полимеризации по свободно-радикальному или ионному механизму.

Методы проведения радиационной прививочной полимеризации и особенности структуры и свойств радиационно-привитых полимерных материалов.

Промышленные радиационно-химические процессы, базирующиеся на реакциях деструкции макромолекул.

Рекомендуемая учебная литература

Основная

1. Неорганическая химия: в 3 т. / Под ред. Ю.Д.Третьякова.– М.: Akademia, 2004-2008.
2. Хаускрофт К., Констебл Э. Современный курс общей химии. в 2 томах. М: Мир, 2002
3. Физическая химия. Под редакцией Краснова К.С. Т.1, Т.2, М.: Высшая школа, 2001. Разделы III, IV, V, VI, VII, VIII.
4. 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.
5. Шабаров Ю.С. Органическая химия. М.: Химия, 2002.
6. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Бином. Лаборатория знаний. 2003
7. Шишонок, М. В. Высокомолекулярные соединения. Минск: Вышэйшая школа, 2012.
8. Шишонок, М. В. Л.П. Круль. Основы химии высокомолекулярных соединений. Минск: БГУ, 2010.
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. 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.
14. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: учебное пособие для студентов специальности "Биотехнология" вузов / Н.А. Белясова. М.: Изд. Книжный дом, 2004. – 416 с.
15. Бекман И.Н. Измерение ионизирующих излучений: курс лекций. – М., 2006.
16. Бекман, И.Н. Радиохимия. В 2 т. Т.2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность: учебник и практикум / И.Н. Бекман. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 386 с.
17. Т.И.Петрова, В.Н.Воронов, Б.М.Ларин. Технология организации водно-химического режима атомных станций. М.: Изд. Дом МЭИ, 2012. – 272 с.
18. ЭУМК «Водоподготовка в ядерной энергетике» <http://elib.bsu.by/handle/123456789/138797>
19. В.И. Гергалов. Радиохимия: учеб.-метод. Пособие. В 2 ч. Минск: БГУ, 2017.
20. Пикаев А.К. Современная радиационная химия, 1-3 т. М.: Наука, 1985.
- 21.
22. Калверт Дж., Питсс Дж. Фотохимия. М.: Мир, 1973.

23. Голубев В.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат. 1986.
24. Иванов, В.С. Радиационная химия полимеров / В.С. Иванов. Л.: Химия, 1988. 320 с.
25. Баранов, В. Ю. Изотопы: свойства, получение, применение / В. Ю. Баранов. Т. 1, 2. – М.: 2005.

Дополнительная

1. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия: в 2 т. М. : Мир, 2004.
2. Нейленд О.Я. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1990.
3. Бёккер Ю. Спектроскопия. М.: Техносфера, 2009.
4. 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
5. Биохимия: Учебник для вузов / Под ред. Е.С. Северина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 784 с.
6. Нефедов В.А., Текстер Е.Н, Торопова М.А. Радиохимия. М.: Высш. шк. 1987.
7. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. М.: Высш.шк. 2004.
8. Бессонов В.А. Основы радиохимии: учебное пособие по курсу «Радиохимия» ОГТУАЭ, Обнинск, 2004.
9. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии. Мн., 2014. – 317 с.
10. Гергалов В.И., Петряев Е.П. Радиация, жизнь и окружающая среда: Уч. пособие. - Мн.: Нар. асвета, 1994. - 159 с.
11. Гофман Дж. Чернобыльская авария (Low-Dose exposure). -Мн.: Высшая школа, 1994.-574 с.
12. Гусев Н. Г., Климанов В. А., Машкович В. П., Суворов А. П. Защита от ионизирующих излучений. Т.1 Физические основы защиты от излучений. М.: Энергоатомиздат, 1989.
13. Шадыро О.И., Петряев Е.П. Радиационная химия бифункциональных соединений. Минск: Университетское, 1986.
14. Владимиров, В. И. Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации / В. И. Владимиров. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 480 с.
15. Жуковский, М. В. Радон: Измерение, дозы, оценка риска / М. В. Жуковский, И. В. Яρμοшенко. – Екатеринбург: УрО РАН ИПЭ, 1997. – 237 с.

**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)