

ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН ПО РАДИОХИМИИ

ПРОГРАММА

Радиоактивные превращения. Нуклиды и изотопы. Стабильные и радиоактивные ядра. Типы ядерных превращений: α -распад, β -превращения, изомерный переход, спонтанное деление, кластерная радиоактивность, другие виды превращений. Правила сдвига. Схемы распада. Явление внутренней конверсии, электроны конверсии.

Законы радиоактивных превращений. Основной закон радиоактивного распада. Радиоактивная постоянная и период полураспада. Абсолютная радиоактивность и единицы радиоактивности. Определение периода полураспада долгоживущих и короткоживущих радионуклидов. Накопление дочернего радионуклида в результате распада материнского радионуклида. Вековое и подвижное радиоактивные равновесия.

Ядерные реакции. Запись ядерных реакций. Эффективное сечение. Расчет выходов ядерных реакций. Использование ядерных реакций для получения радионуклидов. Нейтронные генераторы. Другие источники нейтронов.

Взаимодействие излучения с веществом. Поглощение α -частиц. Потери энергии β -излучения при прохождении через вещество. Тормозное излучение. Максимальный пробег β -частиц. Связь между пробегом и энергией β -частиц. Экспоненциальная формула для ослабления β -частиц. Массовый коэффициент ослабления. Образование непосредственно ионизирующего излучения при прохождении γ -квантов через вещество. Экспоненциальный закон ослабления γ -излучения.

Регистрация излучений. Ионизационные методы регистрации. Ионизационные камеры и счетчики. Принцип работы газовых счетчиков. Счетная характеристика. Фон и разрешающее время счетчика. Пропорциональные счетчики и счетчики Гейгера-Мюллера. Механизм регистрации излучения счетчиком Гейгера-Мюллера. Эффективность счетчиков. Счетчики для регистрации α - и β -излучения. Полупроводниковые детекторы, их преимущества по сравнению с детекторами других типов. Сцинтилляционные методы. Принцип работы сцинтилляционных детекторов. Механизм регистрации. Классификация сцинтилляторов. Характеристики основных сцинтилляторов. Выбор оптимального режима сцинтилляционного счетчика. Лабораторные установки для регистрации излучения со сцинтилляционным детектором. Жидкостной сцинтилляционный счет.

γ -Спектроскопия с использованием сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов. Регистрация радионуклидов по излучению Черенкова. Радиографические методы регистрации излучения. Микро- и макроавтордиография.

Относительные и абсолютные измерения радиоактивности. Связь между абсолютной и относительной активностью. Коэффициент регистрации и методы его определения. Учет ослабления излучения в стенках детектора и в воздухе. Самоослабление излучения. Обратное рассеяние. Гашение в случае сцинтилляционного детектора. Поправка на схему распада радионуклида. Учет геометрических условий измерения. Особенности измерения малых активностей.

Обработка результатов измерения радиоактивности. Погрешности измерений. Нормальный закон распределения. Статистический характер радиоактивного распада и распределение Пуассона. Распределение Стьюдента, t -фактор. Оценка точности результатов косвенных измерений; закон накопления погрешностей. Выбор оптимальной продолжительности измерения препарата с фоном и фона.

Радиоактивные элементы в природе. Руды. Радиоактивные семейства (ряды). Природные радионуклиды и радиоактивные изотопы элементов, постоянно получающиеся в природе в результате ядерных реакций.

Искусственные радиоактивные элементы. Технеций, его физические свойства. Важнейшие изотопы технеция. Способы получения. Химические свойства технеция, его соединений. Применение технеция в технике и медицине. Прометий. Сопоставление свойств прометия с другими РЗЭ. Способы получения и отделения от РЗЭ.

Уран, торий и продукты их распада. Уран. Руды урана, изотопы урана. Способы разделения изотопов урана, физические свойства урана. Химические свойства урана и его соединений. Соли урана: соли уранила, уранаты и полиуранаты. Уран в растворе: степени окисления, комплексные соединения урана в разных степенях окисления. Способы выделения урана из руд. Применение урана.

Торий. Руды тория. Изотопы тория. Физические свойства тория. Химические свойства тория, его соединений. Торий в растворе. Комплексные соединения тория. Выделение тория из руд.

Радий. Изотопы радия. Физические свойства радия. Химические свойства радия и его соединений. Радий в растворе. Выделение радия из урановых и ториевых руд. Определение изотопов радия по эманациям (радону, актинону, торону). Применение радия.

Радон. Изотопы радона. Физические и химические свойства радона. Получение радона, активные налеты разных изотопов радона. Применение радона.

Нептуний. Получение, изотопы. Физические свойства. Химические свойства нептуния и его соединений. Нептуний в растворах, степени окисления, комплексные соединения. Диспропорционирование изотопов нептуния, гидролиз.

Плутоний. Получение и изотопы, физические свойства плутония. Химические свойства плутония и его соединений. Плутоний в растворе, степени окисления, гидролиз, Диспропорционирование изотопов плутония. Комплексные соединения. Применение плутония.

Изотопный обмен. Причины протекания изотопного обмена. Равнораспределение изотопов. Кинетика гомогенного изотопного обмена. Степень обмена. Механизмы реакций изотопного обмена. Использование реакций гомогенного изотопного обмена для выяснения химической природы соединений. Гетерогенный изотопный обмен. Использование изотопного обмена для синтеза меченых соединений.

Особенности поведения радиоактивных веществ. Особенности поведения радиоактивных веществ в ультраразбавленных растворах. Растворы радионуклидов без носителя. Образование твердых высокодисперсных фаз (псевдо- и истинных коллоидов). Адсорбция радиоактивных веществ. Соосаждение и сокристаллизация. Особенности поведения соединений при электрохимических процессах в ультраразбавленных растворах. Радиационные эффекты. Радиационно-химический выход. Эффекты, обусловленные радиоактивной отдачей. Химия горячих атомов. Изотопные эффекты.

Методы выделения, разделения и концентрирования радионуклидов. Понятие о радиохимически чистом и ядерно-физически чистом состояниях радионуклидов. Разделение, выделение и концентрирование радионуклидов. Использование носителей (изотопных, изоморфных и инертных). Экстракционные и хроматографические методы. Основные электрохимические методы. Методы соосаждения, дистилляции и выщелачивания, сорбционные методы.

Применение радионуклидов в аналитической химии. Основные направления радионуклидов в химическом анализе. Анализ с использованием природной радиоактивности; пределы обнаружения радионуклидов с разными значениями периодов полураспада. Анализ с использованием искусственной радиоактивности: определение малого содержания вещества по известной удельной радиоактивности, метод изотопного разбавления, методы анализа, основанные на использовании стехиометрических реакций (анализ, основанный на использовании избытка осадителя; радиометрическое

титрование). Активационный анализ. Использование эффекта обратного рассеяния β -излучения в химическом анализе.

Применение радиоактивных индикаторов в неорганической и физической химии. Особенности синтеза меченных радионуклидами неорганических соединений и их номенклатура. Определение растворимости малорастворимых веществ. Определение давления насыщенных паров. Определение коэффициентов диффузии и самодиффузии в твердых телах и в жидкостях Капиллярный метод. Определение удельной поверхности порошков. Использование радиоактивных индикаторов в химической кинетике. Использование радионуклидов в электрохимии. Возможности мёссбауэровской спектроскопии при изучении твердых тел.

Применение радиоактивных индикаторов в органической химии. Синтез меченых органических соединений (прямой химический синтез, специфические радиохимические методы, биосинтез). Особенности номенклатуры меченых органических соединений. Основные типы задач, решаемых с помощью радиоактивных индикаторов в органической химии. Изучение с использованием радионуклидов механизмов органических реакций; идентификация места и разрыва или образования химических связей. Типичные примеры. Применение радионуклидов в биохимии.

Основные понятия дозиметрии. Передача энергии излучения веществу. Статистический характер микродозиметрических величин. Поглощенная доза. Эффективная доза. Экспозиционная доза. Единицы дозы.

Основы биологического действия излучения. Прямое и не прямое действие излучения. Реакции клеток на облучение. Радиочувствительность органов и тканей. Острое и хроническое действие излучения. Лучевая болезнь. Стохастический характер радиобиологического эффекта при малых дозах. Отдаленные соматические последствия облучения. Пути поступления природных и техногенных радионуклидов в организм.

Расчет доз от источников β - и γ -излучения. Доза, создаваемая параллельным потоком моноэнергетических γ -квантов. Доза от точечного источника со сложным составом γ -излучения. Ионизационная постоянная и гамма-эквивалент. Доза от внешнего источника β -излучения.

Основы нормирования радиационного воздействия на человека и объекты окружающей среды. Уровни риска при радиационном воздействии. Эквивалентная, эффективная и коллективная дозы. Расчет допустимых уровней облучения. Нормы радиационной безопасности.

Защита от ионизирующих излучений. Защита временем, расстоянием, с использованием экранов. Расчет защиты от внешнего β - и γ -излучения.

Дозиметрические измерения. Приборы дозиметрического контроля. Изменение мощности дозы и плотности потока, дозы и флюенса.

Организация работы с радиоактивными веществами в лаборатории. Классификация работы с радиоактивными веществами. Оборудование и средства защиты. Правила работы с радиоактивными веществами (ОСП и НРБ). Предельно допустимые уровни загрязнения. Дезактивация, сбор и удаление радиоактивных отходов. Ведение документации. Трудовое законодательство, регламентирующее работы с радиоактивными веществами, льготы для работающих.

Естественные радионуклиды в окружающей среде. Космическое излучение. Концентрирование радионуклидов в природных резервуарах. Уран, торий и радиоактивные продукты их распада в окружающей среде. Радон в приповерхностном слое земли. Поступление естественных радионуклидов при производственной деятельности человека: при сгорании ископаемого топлива, при производстве удобрений и строительных материалов, при переработке руд цветных металлов. Калий-40, углерод-14, тритий и другие природные радионуклиды в живых организмах. Вклад естественных

радионуклидов в формирование дозовых нагрузок. Вклад в дозовую нагрузку медицинских обследований.

Техногенные радионуклиды в окружающей среде. Источники загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами. Ядерные взрывы и глобальные радиоактивные загрязнения. Ядерный топливный цикл. Выбросы искусственных радионуклидов при нормальной работе ядерных реакторов. Экологические проблемы облученного ядерного топлива. Радиационные аварии. Сопоставление радиационных рисков от различных источников техногенных радиоактивных загрязнений и ионизирующих излучений.

Ядерная энергетика. Типы ядерных реакторов. Реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Устройство ядерного реактора. Основные компоненты ядерного реактора: тепловыделяющие элементы, замедлители нейтронов, теплоносители, поглотители нейтронов. Устройство реакторов типа РБМК и ВВЭР. Работа ядерных реакторов. Системы безопасности ядерных реакторов. Основные типы АЭС.

Радиохимия ядерного топливного цикла. Типы ядерного цикла, ЯТЦ. Открытый (разомкнутый) и закрытый (замкнутый) циклы: преимущества и недостатки. Горно-обогатительные комбинаты. Добыча и обогащение урановой руды. Получение металлического урана. Технологии разделения изотопов урана и получение урана, обогащенного по урану-235. Физико-химические характеристики ядерного топлива. Тепловыделяющие элементы.

Радиохимическая переработка отработанного ядерного топлива. Задачи радиохимической технологии. Регенерация ядерного топлива. Химические, физические и радиохимические характеристики отработавшего ядерного топлива. Вскрытие отработавших тепловыделяющих элементов. Выделение и очистка урана, плутония и нептуния. Урановая, плутониевая и нептуниевая ветви радиохимического процесса.

Обращение с радиоактивными отходами. Источники радиоактивных отходов (РАО). Классификация радиоактивных отходов. Сортировка РАО для дальнейшей переработки. Химическая переработка радиоактивных отходов. Регенерация ценных (радиоактивных или стабильных) компонентов из облученного топлива. Выделение и разделение трансурановых элементов. Переработка жидких отходов среднего и низкого уровня активности. Особенности переработки органических, газообразных и твердых отходов.

Захоронение радиоактивных отходов. Международные критерии обращения с РАО. Обращение с РАО: обработка и кондиционирование перед захоронением, перевозка, промежуточное хранение, захоронение. Требования к хранилищам РАО и режиму хранения. Сжигание РАО. Отверждение РАО: стекла и керамика. Очистка жидких РАО. Многобарьерная защита хранилищ радиоактивных отходов. Мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий радиационных аварий на местах постоянного захоронения РАО. Радиационный контроль окружающей среды при захоронении РАО.

ЛИТЕРАТУРА

Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков. Радиоактивность. С.-Петербург-М.-Краснодар: Лань. 2013, 304 с.

Радиоактивные индикаторы в химии: Основы метода / В.Б. Лукьянов, С.С. Бердоносков и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1985.

Несмеянов Ан. Н. Радиохимия. 2-е изд. М.: Химия, 1978.

И.Хала, Дж. Навратил. Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика.

Пер. с англ./под ред. Б.Ф. Мясоедова, С.Н. Калмыкова. М.: ЛКИ, 2013. 432 с.

Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды.

Бином, 2006, 268 с.

- Химия актиноидов. Том 1. Редакторы Дж. Кац, Г. Сиборг и Л. Морсс. Перевод с англ. М. Мир. 1991. 525с.
- Химия актиноидов. Том 2. Редакторы Дж. Кац, Г. Сиборг и Л. Морсс. Перевод с англ. М. Мир. 1997. 664с.
- Химия актиноидов. Том 3. Редакторы Дж. Кац, Г. Сиборг и Л. Морсс. Перевод с англ. М. Мир. 1999. 647с.
- Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия. М.: Высш. шк., 1987.
- Г. Чоппин, Я. Ридберг. Ядерная химия. Основы теории и применения. М.: Энергоатомиздат, 1984, 304 с.
- Технология трансплутониевых элементов / В.М. Николаев, Е.А. Карелин, Р.А. Кузнецов, Ю.Г. Топоров. Димитровград: ГНЦ РФ НИИАР, 2000.
- Ю.Б. Кудряшов. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). М.: Физматлит. 2004, 442 с.
- Громов Б.В., Савельева В.И., Шевченко В.Б. Химическая технология облученного ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983.
- Громов В.В., Москвин А.И., Сапожников Ю.А. Техногенная радиоактивность мирового океана. М.: ИздАТ, 2000.
- Изотопы. Свойства, получение, применение / Под ред. В.Ю. Баранова. М.: ИздАТ, 2000.
- Холл Э.Дж. Радиация и жизнь. Пер с англ. М. Медицина. 1989. 256с.
- Нормы радиационной безопасности. (НРБ –99/2009).
- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ–99/2010)
- Лекции профессора И.Н. Бекмана.