

# МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

## Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ  
МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

---

Основы радиохимии

*название дисциплины*

для студентов направления подготовки

---

04.03.01 «Химия»

*код и название*

образовательная программа

---

Аналитическая химия

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель изучения дисциплины:

- изучить теоретические основы и фундаментальные экспериментальные данные в области радиохимии, включающие также разделы, относящиеся к ядерной химии, радиационной химии, радиоэкологии, технологии ядерных материалов.

### Задачи изучения дисциплины:

- Освоить химию радиоактивных элементов и веществ;
- Сформировать представления о химических процессах, сопровождающих ядерные превращения;
- Познакомить с использованием радионуклидов в различных областях научных исследований и в решении практических задач;
- Дать представление о путях распространения и о распределении во времени и в пространстве радиоактивных загрязнений в среде обитания человека.

## 2. Место дисциплины в структуре бакалавриата

Дисциплина реализуется в профессиональном модуле (дисциплина по выбору); изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Объем дисциплины 2 зачетных единицы, 72 академических часа.

Для освоения программы дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: общая и неорганическая химия в объеме средней школы и общая и неорганическая химия в объеме программы высшего профессионального образования, физика, аналитическая химия, физическая химия

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-1	Способность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проведения химического анализа конкретных объектов (сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, в том числе фармацевтических субстанций)	<b>З-ПК-1</b> - знать химию радиоактивных элементов, химию ядерных превращений, общую и прикладную радиохимию, радиоактивность, типы распада радиоактивных ядер, законы радиоактивных превращений, взаимодействие ионизирующих излучений с веществом, получение радионуклидов в ядерных реакциях, химию отдельных природных и искусственных радиоактивных элементов; <b>У-ПК-1</b> - уметь определять период полураспада и реальную активность исследуемых материалов; оценивать влияние радиации на радиолиз органических и неорганических материалов; <b>В-ПК-1</b> - владеть понятийным и терминологическим аппаратом радиохимии.

ПК-3	Способность использовать закономерности и достижения химической технологии как науки для поддержания оптимального режима при проведении существующих синтезов уже известных материалов, а также участвовать в разработке химико-технологических процессов новых материалов	<p><b>З-ПК-3</b>-знать ядерно-аналитические методы, основы методов регистрации ионизирующих излучений; применение явления радиоактивности в исследовании химических, биохимических и медико-биологических проблем; энергетические и дозовые характеристики ионизирующих излучений; технику безопасности и классификация работ с радиоактивными веществами.</p> <p><b>У-ПК-3</b> – уметь использовать известные радиохимические методики, уметь определять состояние радионуклидов в растворах и газовой фазе; уметь использовать метод радиоактивных индикаторов для целей прикладной радиохимии;</p> <p><b>В-ПК-3</b> – владеть навыками обращения с радиоактивными веществами.</p>
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Воспитательный потенциал дисциплины

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное и трудовое воспитание	- Создание условий, обеспечивающих формирование культуры работы с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты (В33)	Использование воспитательного потенциала дисциплины, для - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ.
	Создание условий.	Использование воспитательного потенциала дисциплины, для

	<p>обеспечивающих формирование культуры работ, связанных с проведением химического анализа с использованием современной инструментальной исследовательской базы (В34)</p>	<p>-формирования навыков соблюдения мер безопасности при работе с реагентами разных классов опасности на современном научно-исследовательском оборудовании, позволяющем проводить высокоточный качественный и количественный химический анализ;</p> <p>- формирования навыков ответственной работы с использованием современной инструментальной аналитической базы;</p> <p>-формирования мотиваций в освоении разнообразной современной инструментальной базы химического анализа;</p> <p>-формирования мотиваций к научно-исследовательской работе в области химических наук.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Контактная работа обучающихся с преподавателем	40
Аудиторная работа (всего):	40
<i>в том числе:</i>	
лекции	20
семинары, практические занятия	20
лабораторные работы	
Промежуточная аттестация	
<i>в том числе:</i>	
зачет	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	32
<b>Всего (часы):</b>	72
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	2

**6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Семестр №4		
		Лек	Пр	СР
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Физические основы радиохимии</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
1.1.	Тема 1.1. Введение. Предмет и задачи радиохимии.	1	1	
1.2.	Тема 1.2. Элементарные частицы и атомные ядра.	1	1	
1.3.	Тема 1.3. Типы радиоактивного распада.	1	1	2
1.4.	Тема 1.4. Кинетика радиоактивного распада	1	1	2
1.5.	Тема 1.5. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом	1	1	2
1.6.	Тема 1.6. Измерение ионизирующего излучения	1	1	2
1.7.	Тема 1.7. Ядерные реакции	1	1	2
1.8.	Тема 1.8. Ядерная энергия	1	1	
1.9.	Тема 1.9. Естественные радиоактивные ряды	1	1	
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Химия радиоактивных элементов</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
2.1.	Тема 2.1. Технеций, прометий, полоний, астат, радон	1	1	3
2.2.	Тема 2.2. Франций, радий, актиний,	1	1	3
2.3.	Тема 2.3. Актиниды	0,5	0,5	3
2.4.	Тема 2.4. Трансактинидные элементы	0,5	0,5	3
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Фундаментальная радиохимия</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
3.1.	Тема 3.1. Изотопный обмен	1	1	
3.2.	Тема 3.2. Методы разделения радиоактивных веществ	1	1	2
3.3.	Тема 3.3. Состояние радионуклидов в различных средах	1	1	2
3.4.	Тема 3.4. Методы определения концентрации радионуклидов в объектах ОС.	1	1	2
3.5.	Тема 3.5. Химические явления, связанные с ядерными превращениями	1	1	2
3.6.	Тема 3.6. Методы анализа изотопного состава	1	1	2
3.7.	Тема 3.7. Техника безопасности работы с радиоактивными веществами	1	1	
	<b>Всего</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>32</b>

**6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)**

*Лекционный курс*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
-------	---------------------------------------	------------

1.	<b>Раздел 1. Общая радиохимия</b>	
1.1.	Тема 1.1. Введение. Предмет и задачи радиохимии	История развития радиохимии. Общая радиохимия. Химия радиоактивных элементов. Химия ядерных превращений. Прикладная радиохимия.
1.2.	Тема 1.2. Элементарные частицы и атомные ядра	Строение и свойства атомных ядер. Атомное ядро, масса ядра, нуклоны. Нуклиды. Стабильность нуклидов. Масса нуклида, заряд и радиус ядра, энергия связи. Распространенность изотопов. Естественные радиоактивные элементы. Радиоактивные семейства. Природные долгоживущие изотопы.
1.3.	Тема 1.3. Типы радиоактивного распада	Альфа - распад. Бета - распад. Электронный захват. Электромагнитное излучение (эмиссия гамма-квантов), электроны внутренней конверсии. Спонтанное деление.
1.4.	Тема 1.4. Кинетика радиоактивного распада	Закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада. Активность радиоактивного вещества. Единицы активности. Среднее время жизни нуклида.
1.5.	Тема 1.5. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом	Альфа-частицы. Бета-частицы. Гамма-кванты. Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар. Радиоллиз воды и водных растворов. Радиоллиз органических соединений. Радиационно-химический выход радиолитических реакций. Действие излучений на твердые тела. Окрашивание кристаллов.
1.6.	Тема 1.6. Измерение ионизирующего излучения	Методы регистрации излучения: ионизационные, сцинтилляционные, фотоэмульсионные. Ионизационные камеры. Газоразрядные счетчики. Полупроводниковые детекторы. Трековые детекторы. Характеристика работы. Ядерная спектрометрия. Измерение радиоактивности образцов. Статистическая обработка результатов. Идентификация радионуклидного состава препарата
1.7.	Тема 1.7. Ядерные реакции	Модельные представления. Реакции с участием нейтронов и заряженных частиц (протоны, дейтроны, ядра гелия, тяжелые ионы). Сечение ядерной реакции. Функция возбуждения. Выход ядерной реакции.
1.8.	Тема 1.8. Ядерная энергия	Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл. Проблемы и перспективы развития ядерной энергетики.
1.9.	Тема 1.9. Естественные радиоактивные ряды	Ряд тория (Th-232). Ряд радия (U-238). Ряд актиния (U-235). Ряд нептуния (Np-237).
2.	<b>Раздел 2. Химия радиоактивных элементов</b>	
2.1.	Тема 2.1. Технеций, прометий, полоний, астат, радон	Получение радионуклидов в ядерных реакторах, на ионных пучках ускорителей, с помощью изотопных генераторов. Получение тяжелых и сверхтяжелых элементов. Ядерный реактор. Циклотрон. Производство радионуклидов. Распространенность в природе, характеристика изотопного состава, физические и химические свойства элементов и их соединений. Применение.
2.2.	Тема 2.2. Франций, радий, актиний	Характеристика изотопного состава, физические и химические свойства элементов и их соединений. Применение.
2.3.	Тема 2.3. Актиниды	Особенности поведения ультрамикрочастиц радиоактивных элементов. Характеристика изотопного

		состава, физические и химические свойства элементов и их соединений. Применение.
2.4.	Тема 2.4. Трансактинидные элементы	Способы получения. Характеристика изотопного состава, физические и химические свойства элементов и их соединений. Применение.
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Фундаментальная радиохимия</b>	
3.1.	Тема 3.1. Изотопный обмен	Реакция изотопного обмена. Изотопный обмен как процесс самопроизвольного перераспределения изотопов химического элемента внутри молекулы, между различными молекулами или фазами системы, между различными агрегатными состояниями одного и того же вещества. Коэффициент равновесия. Константа равновесия.
3.2.	Тема 3.2. Методы разделения радиоактивных веществ	Соосаждение. Адсорбция. Электрохимия радиоактивных элементов. Ионообменная хроматография. Метод экстракции. Мембранное разделение. Газохимические методы разделения.
3.3	Тема 3.3. Состояние радионуклидов в различных средах	Коллоидное состояние радиоактивных элементов. Состояние радионуклидов в твердой фазе. Состояние радиоактивных изотопов в газовой фаз.
3.4	Тема 3.4. Методы определения концентрации радионуклидов в объектах ОС.	Ядерно-аналитические методы. Активационный анализ. Рентгенфлуоресцентный анализ. Авторадиография. Радиационный мониторинг и картографирование. Программы радиационного мониторинга в нормальных и аварийных ситуациях.
3.5	Тема 3.5. Химические явления, связанные с ядерными превращениями	Эффект отдачи, Химические последствия радиоактивного распада. Эффект Сцилларда-Чалмерса. Химия горячих атомов. Химические последствия ядерных реакций.
3.6	Тема 3.6. Методы анализа изотопного состава	Масс-спектрометрия и масс-спектрометры.
3.7.	Техника безопасности работы с радиоактивными веществами	Виды радиоактивной опасности при работе с радиоактивными изотопами. Радиационная и ядерная опасность при работе атомного реактора. Проблемы временного и длительного хранения ОЯТ. Условия переработки ОЯТ.

*Практические/семинарские занятия*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Общая радиохимия</b>	
1.1	Тема 1.1. Введение. Предмет и задачи радиохимии	Предмет радиохимии и смежные науки. Краткая история радиохимии.
1.2. 1.3	Тема 1.2. Элементарные частицы и атомные ядра. Тема 1.3. Типы радиоактивного распада	Современные представления о строение атома. Элементарные и фундаментальные частицы. Атомная единица массы. Дефект и избыток массы. Альфа - распад. Бета - распад. Электронный захват. Электромагнитное излучение (эмиссия гамма-квантов), электроны внутренней конверсии. Спонтанное деление.
1.4.	Тема 1.4. Кинетика радиоактивного распада	Законы радиоактивного распада. Период полураспада, постоянная распада, среднее время жизни ядра. Разветвленный распад. Активность нуклида, единицы

		радиоактивности. Соотношение активность - масса. Радиоактивное равновесие. Решение задач на определение радиохимических параметров и характеристик.
1.5	Тема 1.5. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом	Альфа-излучение, аннигиляционное излучение, бета-излучение, гамма-излучение, ионизирующее излучение (радиация), нейтронное излучение, протонное, рентгеновское, тормозное, фотонное, характеристическое. Сечение взаимодействия ионизирующих частиц. Упругое и неупругое рассеяние частиц. Ионизация. Возбуждение атома и молекулы. Линейная передача энергии. Резеевское рассеяние. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Рождение пар. Линейный коэффициент ослабления. Источники радиационного воздействия излучения на живые организмы. Внешнее и внутренне облучение. Пути проникновения радиоактивных веществ в организм и характер распределения. Радиочувствительность органов. Нарушение обмена веществ. Генетические эффекты.
1.6	Тема 1.6. Измерение ионизирующего излучения	Методы регистрации излучения: ионизационные, сцинтилляционные, фотоэмульсионные. Ионизационные камеры. Газоразрядные счетчики. Полупроводниковые детекторы. Трековые детекторы. Характеристика работы. Ядерная спектрометрия. Измерение радиоактивности образцов. Статистическая обработка результатов. Идентификация радионуклидного состава препарата
1.7	Тема 1.7. Ядерные реакции	Правила написания ядерных реакций. Наиболее известные ядерные реакции в окружающем мире. Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл. Проблемы и перспективы развития ядерной энергетики.
1.8	Тема 1.8. Ядерная энергия	Цепная реакция деления урана. Ядерный реактор. Ядерно-топливный цикл. Проблемы и перспективы развития ядерной энергетики. Ядерная безопасность. Международная шкала ядерных событий. Нормативы МАГАТЭ. Испытания ядерного оружия. Известные ядерные аварии и их последствия. Кыштым (1957), Уиндскейл (1957), Пенсильвания (1979), Чернобыль (1986). Радионуклидный состав аварийных выбросов. Динамика радиационной обстановки в районах аварий. Действие радиоактивных загрязнений на живую природу. Ликвидация последствий аварий. Радиоактивные загрязнения таких регионов как Арктический бассейн, Семипалатинский полигон, Новая Земля, и другие регионы планеты как следствие деятельности человека.
1.9	Тема 1.9. радиоактивные ряды.	Естественные радиоактивные ряды. Генетическая связь радиоактивных изотопов.
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Химия радиоактивных элементов</b>	
2.1	Тема 2.1. Технеций, прометий, полоний, астат, радон	Физические и химические свойства. Распространенность. Применение.
2.2	Тема 2.2. Франций, радий, актиний	Физические и химические свойства. Распространенность. Применение.
2.3	Тема 2.3. Актиниды	Физические и химические свойства актинидов: тория, протактиния, урана, нептуния, плутония и др. Получение

		радионуклидов в ядерных реакторах, на ионных пучках ускорителей, с помощью изотопных генераторов. Получение тяжелых и сверхтяжелых элементов. Ядерный реактор. Циклотрон. Производство радионуклидов. Особенности поведения ультрамикроколичеств радиоактивных элементов. Коллоидообразование, изотопный обмен. Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний, радий, франций, радон, полоний. Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансурановые элементы. Валентные состояния, основные реакции и соединения.
2.4	Тема 2.4. Трансактинидные элементы	Физические и химические свойства. Распространенность. Применение.
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Фундаментальная радиохимия</b>	
3.1	Тема 3.1. Изотопный обмен	Реакция изотопного обмена. Изотопный обмен как процесс самопроизвольного перераспределения изотопов химического элемента внутри молекулы, между различными молекулами или фазами системы, между различными агрегатными состояниями одного и того же вещества. Коэффициент равновесия. Константа равновесия.
3.2	Тема 3.2. Методы разделения радиоактивных веществ	Соосаждение, виды соосаждения, законы Гана и Хлопина. Правило Дернера-Госкинса. Адсорбция. Правило Фаянса-Панета, закон Фаянса-Гана. Электрохимия радиоактивных элементов, критический потенциал осаждения радионуклидов. Ионообменная хроматография. Метод экстракции. Мембранное разделение. Газохимические методы разделения.
3.3	Тема 3.3. Состояние радионуклидов в различных средах	Коллоидное состояние радиоактивных элементов. Коллоидные системы. Мицеллы. Радиокolloид. Состояние радионуклидов в твердой фазе. Состояние радиоактивных изотопов в газовой фазе.
3.4	Тема 3.4. Методы определения концентрации радионуклидов в объектах ОС.	Ядерно-аналитические методы. Активационный анализ. Рентгенфлуоресцентный анализ. Авторадиография. Радиационный мониторинг и картографирование. Программы радиационного мониторинга в нормальных и аварийных ситуациях.
3.5	Тема 3.5. Химические явления, связанные с ядерными превращениями	Эффект отдачи, Химические последствия радиоактивного распада. Эффект Сцилларда-Чалмерса. Химия горячих атомов. Химические последствия ядерных реакций.
3.6	Тема 3.6. Методы анализа изотопного состава	Ядерно-аналитические методы. Активационный анализ. Рентгенфлуоресцентный анализ. Авторадиография. Радиационный мониторинг и картографирование. Масс-спектрометрия.

## 7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. И.Н.Бекман. Радиохимия. Курс лекций. МГУ. Химический факультет. Кафедра радиохимии [Официальный сайт]. — URL: <http://profbeckman.narod.ru/RH0.htm>.
2. И.Н.Бекман. Радиохимия. В 2 т. – М.;Издательство Юрайт, 2016 г. – Серия : Бакалавр. Академичекий курс.

## 8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
<b>Текущий контроль, 8 семестр</b>			
1.	Тема 1.2. Элементарные частицы и атомные ядра. Тема 1.3. Типы радиоактивного распада	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар
2.	Тема 1.4. Кинетика радиоактивного распада	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар Индивидуальное задание
3.	Тема 1.5. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар
4.	Тема 1.8. Ядерная энергия	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар
5.	Тема 2.3. Актиниды	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар Индивидуальное задание
6.	Тема 3.2. Методы разделения радиоактивных веществ	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар
7.	Тема 3.3. Состояние радионуклидов в различных средах	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар
8.	Тема 3.6. Методы анализа изотопного состава	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Семинар
<b>Промежуточный контроль, 8 семестр</b>			
	Зачет	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	билет

**8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### 8.2.1 Зачет

Вопросы к зачету

а) типовые вопросы

1. История развития радиохимии.
2. Общая радиохимия.
3. Химия радиоактивных элементов.
4. Химия ядерных превращений.
5. Прикладная радиохимия.
6. Строение и свойства атомных ядер.
7. Атомное ядро, масса ядра, нуклоны.
8. Нуклиды. Стабильность нуклидов.
9. Масса нуклида, заряд и радиус ядра, энергия связи.
10. Распространенность изотопов.
11. Естественные радиоактивные элементы.
12. Радиоактивные семейства.
13. Природные долгоживущие изотопы.
14. Законы радиоактивного распада.
15. Период полураспада, постоянная распада, среднее время жизни ядра. Разветвленный распад.
16. Активность нуклида, единицы радиоактивности.
17. Соотношение активность - масса.
18. Радиоактивное равновесие.
19. Альфа - распад.
20. Бета - распад.
21. Электронный захват.
22. Электромагнитное излучение (эмиссия гамма-квантов), электроны внутренней конверсии.
23. Спонтанное деление.
24. Альфа-частицы.
25. Бета-частицы.
26. Гамма-кванты.
27. Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар.
28. Радиолитиз воды и водных растворов.
29. Радиолитиз органических соединений.
30. Радиационно-химический выход радиолитических реакций.
31. Действие излучений на твердые тела.
32. Окрашивание кристаллов.
33. Деструкция и сшивание полимеров.
34. Модельные представления.
35. Реакции с участием нейтронов и заряженных частиц (протоны, дейтроны, ядра гелия, тяжелые ионы).
36. Сечение ядерной реакции.
37. Функция возбуждения.
38. Выход ядерной реакции.
39. Методы радиохимии для селективного выделения, очистки и концентрирования радиоактивных элементов из сложной смеси продуктов.
40. Осаждение (соосаждение).
41. Экстракция органическими растворителями.
42. Методы хроматографии: ионообменная, распределительная, бумажная, тонкослойная, термохроматография.
43. Электрохимические методы.
44. Методы дистилляции.
45. Методы, основанные на эффекте отдачи ядра.
46. Методы регистрации излучения: ионизационные, сцинтилляционные, фотоэмульсионные.
47. Ионизационные камеры.
48. Газоразрядные счетчики.

49. Полупроводниковые детекторы.
50. Трековые детекторы.
51. Характеристика работы.
52. Ядерная спектрометрия.
53. Измерение радиоактивности образцов.
54. Идентификация радионуклидного состава препарата.
55. Получение радионуклидов в ядерных реакторах, на ионных пучках ускорителей, с помощью изотопных генераторов.
56. Получение тяжелых и сверхтяжелых элементов.
57. Ядерный реактор.
58. Циклотрон.
59. Производство радионуклидов.
60. Цепная реакция деления урана.
61. Ядерно-топливный цикл.
62. Проблемы и перспективы развития ядерной энергетики.
63. Особенности поведения ультрамикрочастиц радиоактивных элементов. Коллоидообразование, изотопный обмен.
64. Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний, радий, франций, радон, полоний.
65. Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансурановые элементы.
66. Валентные состояния, основные реакции и соединения.
67. Источники радиационного воздействия излучения на живые организмы.
68. Внешнее и внутреннее облучение.
69. Пути проникновения радиоактивных веществ в организм и характер распределения.
70. Радиочувствительность органов.
71. Нарушение обмена веществ.
72. Генетические эффекты.
73. Основные понятия и термины радиационной безопасности.
74. Доза излучения: поглощенная, эквивалентная, эффективная, предельно допустимая.
75. Группы радионуклидов по радиационной опасности.
76. Допустимая концентрация радионуклидов.
77. Техника безопасности и классификация работ с радиоактивными веществами.
78. Естественный радиационный фон.
79. Космическое излучение, излучение естественных радиоактивных элементов.
80. Технологический естественный фон.
81. Ядерно-аналитические методы.
82. Активационный анализ.
83. Рентгенфлуоресцентный анализ.
84. Авторадиография.
85. Радиационный мониторинг и картографирование.
86. Безопасные химические формы радиоактивных отходов (РАО), их хранение и захоронение.
87. Виды радиоактивной опасности при добыче, транспортировке и обогащении урана по <sup>235</sup>изотопу.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- свободное владение теоретическим материалом по дисциплине;
- правильное применение специальной терминологии;
- владение и практическое применение межпредметных связей;
- иллюстрирование теоретических положений конкретными примерами.

в) описание шкалы оценивания:

На экзамен выносятся основные теоретические вопросы по дисциплине и практико-ориентированные вопросы для проверки практических навыков и умения применять

полученные географические знания в области экологии и природопользования. Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 теоретических и 1 практико-ориентированный вопрос из типового перечня.

**Оценка «Отлично» (36-40 баллов)** ставится, если:

1. Полно раскрыто содержание материала билета;
2. Материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология;
3. Показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, картами, применять их в новой ситуации;
4. Продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;
5. Ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;
6. Допущены одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию.

**Оценка «Хорошо» (30 – 35 баллов)** ставится, если:

ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «отлично», но при этом имеет один из недостатков:

1. В изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа;
2. Допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора;
3. Допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора;

**Оценка «Удовлетворительно» (25-29 баллов)** ставится, если:

1. Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;
2. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов;
3. При неполном знании теоретического и практического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации.

**Оценка «Неудовлетворительно» (24 и меньше баллов)** ставится, если:

1. Не раскрыто основное содержание вопросов в билете;
2. Обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала, касающегося вопросов в билете;
3. Допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

### **8.2.3. Семинар**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

#### **Тема 1.2. Элементарные частицы и атомные ядра.**

1. Из каких элементарных частиц состоит ядро атома?
2. Что показывает порядковый номер в периодической таблице элементов?
3. Ядерные силы. Закон Мозли.
4. Какую информацию несет в себе массовое число ядра  $A$ ?
5. Атомная единица массы. Рассчитать энергетический эквивалент единицы атомной массы.
6. Дать определение понятиям: изотопы, изобары, изотоны и изомеры.

7. Дать определение и пояснить физический смысл понятий: энергия связи ядра, удельная энергия связи ядра, дефект массы, избыток массы.
8. Магические ядра.

### Тема 1.3. Типы радиоактивного распада.

1. Что понимают под такими понятиями, как явление радиоактивности, радиоактивный распад, радионуклид и радиоактивное вещество?
2. Какие виды радиоактивного распада существуют?
3. Правило сдвига или закон радиоактивного смещения Содди-Фаянса.
4. Охарактеризовать альфа-распад. Энергия альфа-частиц. обосновать возможность альфа-распада, туннельный эффект. Привести примеры с написанием ядерных реакций.
5. Бета-распад: электронный, позитронный, электронный (К-захват) захват и сопровождающий его Оже-эффект. Охарактеризовать. Привести примеры с написанием ядерных реакций.
6. Что такое электроны Оже и конверсионные электроны, фотоэлектроны и электроны Комптона?
7. Внутренняя конверсия  $\gamma$ -излучения.
8. Для каких ядер становится выгодным спонтанное деление? Как оно происходит?
9. Привести примеры «экзотических» видов распадов и кластерного распада.

### Тема 1.4. Кинетика радиоактивного распада

1. Приведите кинетическое уравнение радиоактивного распада. Как изменяется радиоактивность во времени?
2. Поясните, что такое период полураспада, постоянная распада и среднее время жизни радионуклида.
3. Перечислите способы экспериментального определения периода полураспада. Как находят период полураспада долгоживущих радионуклидов (например,  $^{232}\text{Th}$ )?
4. Дайте определение понятиям активность радиоактивного вещества, удельная активность радиоактивного вещества, Беккерель.
5. Как зависит от величины периодов полураспада дочернего и материнского нуклида в цепочках генетически связанных радионуклидах возможность реализации одной из трех ситуаций: отсутствие равновесия, подвижное и вековое равновесие?
6. Решить:  
Начальная активность  $a_0$  препарата  $^{224}\text{Ra}$  массой 0.2 мкг равна  $4.31 \cdot 10^6$  Бк, через 15 ч активность этого препарата уменьшилась до  $3.38 \cdot 10^6$  Бк. Чему равен период полураспада  $^{224}\text{Ra}$ ?
7. Решить:  
Определить период полураспада, постоянную распада и среднее время жизни  $^{238}\text{Pu}$ , если образец весом 0.3 г обладает активностью  $1.9 \cdot 10^{11}$  Бк?
8. За месяц непрерывной работы ускорителя было зарегистрировано пять событий распада ядер нового сверхтяжелого элемента; при этом времена жизни каждого ядра составили  $1.3 \cdot 10^{-3}$  с;  $1.1 \cdot 10^{-3}$  с;  $1.3 \cdot 10^{-3}$  с,  $1.4 \cdot 10^{-3}$  с,  $1.2 \cdot 10^{-3}$  с. Чему равен период полураспада этого изотопа?
9. Препарата  $^{224}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 4.63$  дня) содержит примесь  $^{234}\text{Th}$  ( $T_{1/2} = 24.1$  дня). Активность  $^{234}\text{Th}$  в препарате составляет 0.5% от общей активности. Какую долю от общей активности будет составлять активность тория через 10 дней?
10. Приведите примеры рядов генетически связанных радионуклидов.

### Тема 1.5. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом

1. Какие виды ионизирующего излучения существуют? Дать краткую характеристику каждого.
2. Перечислить основные особенности различных способов взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом (рэлеевское рассеяние, комптоновское рассеяние, фотоэффект, рождение пар, фотоядерные реакции).
3. Поясните, от каких факторов зависит пробег ионизирующего излучения в веществе?

4. Что такое линейная передача энергии и от каких факторов она зависит?
5. Перечислите основные механизмы взаимодействия ионизирующего взаимодействия с веществом.
6. По какому закону уменьшается интенсивность  $\gamma$ -излучения при прохождении его через вещество?
7. Что понимают под линейным коэффициентом ослабления и в чем его отличие от массового коэффициента?
8. В результате каких процессов возникает тормозное и характеристическое рентгеновское излучение?
9. Химические эффекты ионизирующих излучений.  
Радиолиз воды и водных растворов. Радиолиз органических соединений. Радиационно-химический выход радиолитических реакций. Действие излучений на твердые тела. Окрашивание кристаллов. Деструкция и сшивание полимеров.
10. Измерение ионизирующего излучения.

### Тема 1.8. Ядерная энергия

1. Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл. Проблемы и перспективы развития ядерной энергетики.
2. Ядерные реакции, дать определение и привести примеры.
3. Пояснить понятия: энергия реакции, порог реакции. Привести условия протекания ядерных реакций.
4. Рассмотреть с точки зрения физического смысла характеристики вероятности ядерных реакций: ядерное эффективное сечение, сечение активации, сечение захвата.
5. Как определяется энергетический выход ядерных реакций?
6. Резонансные ядерные процессы.
7. Фотоядерные реакции.
8. Ядерная безопасность. Основные принципы и проблемы.

### Тема 2.3. Актиниды

1. Какие изотопы тория встречаются в природе?
2. Каковы плотность, температура плавления и аллотропного превращения тория?
3. Какие степени окисления проявляет торий? Какова основная валентность тория в растворе?
4. Чем объясняется склонность тория к образованию интерметаллических и комплексных соединений, а также к гидролизу?
5. При каких pH начинается сильный гидролиз Th (IV)?
6. Какими способами в промышленности перерабатываются ториевые руды?
7. Какие методы использует аналитическая химия для извлечения тория?
8. Назовите сферы применения тория.
9. Назовите основные природные изотопы урана.
10. Что общего и чем различаются радиоактивные ряды  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ ?
11. Назовите сферы применения изотопов  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ .
12. Приведите основные характеристики видов урана: природный уран, низкообогащенный (реакторный) уран, уран, годный к оружейному использованию, оружейный уран, рециклированный уран.
13. Какие физические и химические свойства  $\text{UF}_4$  обеспечили широкое его применение в промышленности?
14. Назовите сферы применения изотопов нептуния, плутония, америция, кюрия, берклия, калифорния.

### Тема 3.6. Методы анализа изотопного состава

1. Что такое изотопный эффект?
2. Чем обусловлены изотопные эффекты?
3. Термодинамика и кинетика изотопных эффектов.

4. Особенности определения очень малых содержаний изотопов.
5. Какие основные методы используются для разделения изотопов.
6. Масс-спектрометрия и масс-спектрометры.
7. Приведите примеры гомогенного и гетерогенного изотопного обмена.
8. С какой целью применяется изотопный обмен в химических исследованиях?
- 9.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- ясно, четко, логично и грамотно излагает ответы на вопросы преподавателя;
- знает определение основных понятий;
- может привести практические примеры по изучаемой теме;

в) описание шкалы оценивания:

«зачтено» - 1 балл за каждый семинар-беседу выставляется студенту, если он ясно, четко, логично и грамотно излагает ответы на вопросы преподавателя; знает определение основных понятий; может привести практические примеры по изучаемой теме;

- «не зачтено» - 0 баллов - выставляется студенту, если он не отвечает на вопросы преподавателя, не знает основные понятия и не представляет практические примеры.

### 8.2.3.a Семинар-конференция

а) типовые задания (вопросы) - образец:

#### Тема 3.2. Методы разделения радиоактивных веществ

1. Перечислите основные методы разделения радиоактивных веществ и дайте их краткую характеристику. Методы радиохимии для селективного выделения, очистки и концентрирования радиоактивных элементов из сложной смеси продуктов. Осаждение (соосаждение). Экстракция органическими растворителями. Методы хроматографии: ионообменная, распределительная, бумажная, тонкослойная, термохроматография. Электрохимические методы, Методы дистилляции. Методы, основанные на эффекте отдачи ядра.
2. Дайте определение понятиям: носитель, изотопный носитель, изоморфный носитель, инертный носитель и антиноситель.
3. Что общего и в чем различие в процессах соосаждения, сокристаллизации и адсорбции?
4. Сформулируйте законы Гана и Хлопина.
5. При каких условиях достигается гомогенное распределение радионуклида?
6. Сформулируйте правило Дернара-Госкинса. При каких условиях оно выполняется?
7. Какие возможны пути установления равновесия между смешанными кристаллами и раствором?
8. Сформулируйте правило Фаянса-Панета и закон Фаянса-Гана.
9. Что такое первичная и вторичная адсорбция? Как их можно различить экспериментально?
10. Что показывает коэффициент кристаллизации и постоянная кристаллизации?
11. Назовите особенности состояния радионуклидов в ультрамалых концентрациях?
12. Что такое хроматография и ионно-обменная хроматография?
13. В чем различие процессов разделения на катионитах и анионитах?
14. Какие факторы влияют на ионообменное равновесие?
15. Дайте определение процесса экстракции. Что такое экстракция, рафинат и эстракт?
16. Какие экстрагенты нашли широкое применение для экстракции радионуклидов из водных растворов?
17. Что такое мембранные процессы и какое применение они нашли в технологии?
18. Что такое селективная мембрана? Перечислите виды селективных мембран.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Семинар-конференция – студенты выступают с докладами, которые здесь же и обсуждаются всеми участниками под руководством преподавателя.

- активность студента в семинаре-конференции;
- умение связывать теоретические вопросы с практикой работы специалиста.;
- грамотно и аргументировано излагать доклад.

в) описание шкалы оценивания:

«0-3» балла

Каждый критерий оценивается в 1 балл. Максимальный балл – 3, минимальный 2.

#### 8.2.4.б Семинар-дискуссия

а) типовые задания (вопросы) - образец:

##### Тема 1.4. Кинетика радиоактивного распада

##### Тема 3.3. Состояние радионуклидов в различных средах

1. В каких состояниях радиоактивные изотопы могут находиться в растворах?
2. Что такое истинное и коллоидное состояние радионуклида в растворе?
3. Чем различаются истинные и псевдоколлоиды?
4. Какими методами исследуются радиоколлоиды?
5. Как тип электролита влияет на состояние радионуклида в растворе?
6. Какими методами изучается состояние радионуклида в твердом теле?
7. Как образуются радиоактивные аэрозоли?

**Семинар-дискуссия** – семинар проходит в форме научной дискуссии. Упор здесь делается на инициативе студентов в поиске материалов к семинару и активности их в ходе дискуссии. Важно, чтобы источники информации были разнообразными, представляли различные точки зрения на проблему, а дискуссия всегда направлялась преподавателем.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- инициативность в поиске материалов к семинару;
- активность в ходе дискуссии;
- грамотно и аргументировано излагать свои идеи.

в) описание шкалы оценивания:

«0-3» балла

Каждый критерий оценивается в 1 балл. Максимальный балл – 3, минимальный 1.

#### 8.2.5. Индивидуальное домашнее задание

##### ИДЗ №1. Тема 1.1-1.3.

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Вычислить в а.е.м. массу атома  ${}^8\text{Be}$  ( $Z=4$ ,  $A=4$ ), энергия связи ядра которого 56,53 МэВ.
2. Материнский изотоп с  $A=236$  (дефект массы  $\Delta m_M = +48,2010$  МэВ) распадается путем  $\alpha$ -распада на изотоп с  $A = 232$  (дефект массы  $\Delta m_M = +40,731$  МэВ). Какое количество тепла выделяется в этом акте распада? Чему равна энергия  $\alpha$ -частиц? Чему равна энергия атомов отдачи?
3. Начальная активность  $a_0$  препарата  ${}^{224}\text{Ra}$  мкг равна  $4,31 \cdot 10^6$  Бк, через 15 ч активность этого препарата уменьшилась до  $3,83 \cdot 10^6$  Бк. Чему равен период полураспада  ${}^{224}\text{Ra}$ ?
4. Определить период полураспада, постоянную распада и среднее время жизни  ${}^{238}\text{Pu}$ , если образец весом 0.3 г обладает активностью  $1,9 \cdot 10^{11}$  Бк.
5. Рассчитать активность 53 г  ${}^{239}\text{Pu}$ ,  $T_{1/2} = 2,411 \cdot 10^4$  лет. Какая масса  ${}^{99m}\text{Tc}$  имеет активность 1 МБк?  $T_{1/2} = 6$  ч.
6. Найти радиоактивность 1г  ${}^{238}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$  лет). Период полураспада  ${}^{99m}\text{Tc}$  6 часов. Через какое время останется 1/16 часть изотопа?

7. Препарат изотопа  $^{224}\text{Ra}$  массой 0.74 г излучает  $4.4 \cdot 10^{15}$   $\alpha$ -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.
8. Найти постоянную распада, период полураспада и среднее время жизни радиоактивного изотопа  $^{32}\text{P}$ , если известно. Что его активность уменьшается на 2.4% за 12 часов.
9. Рассчитать через сколько часов кусок урана-240 весом 2.4 кг будет весить 0.75 кг. Период полураспада 14.1 ч.

б) описание шкалы оценивания:

Максимальный балл за каждое задание 3.

## ИДЗ №2.

**Тема 2.1-2.4. Химия радиоактивных элементов** выдается студентам для выполнения индивидуального домашнего задания:

1. Особенности поведения ультрамикрочастиц радиоактивных элементов.
2. Коллоидообразование, изотопный обмен.
3. Естественные радиоактивные элементы: радий, франций, радон, полоний.
4. Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний.
5. Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансурановые элементы.
6. Искусственные радиоактивные элементы: трансурановые элементы.
7. Валентные состояния, основные реакции и соединения.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

1. Содержание вопроса должно быть полностью раскрыто;
2. Правильное оформление работы;
3. Подготовлена презентация для защиты ИДЗ;
4. Сдача ИДЗ в установленные сроки.

в) описание шкалы оценивания:

Каждый критерий оценивается следующим образом:

1. Содержание вопроса должно быть полностью раскрыто (максимальный балл – 7, минимальный – 4);
2. Правильное оформление работы (максимальный балл – 3, минимальный – 2);
3. Подготовлена презентация для защиты ИДЗ (максимальный балл – 3, минимальный – 2).

Таким образом, студент может получить за ИДЗ от 13 до 21 баллов.

В случае не сдачи ИДЗ в установленные сроки баллы снижаются (1 неделя – 60 %, 2 неделя – 40 % и т.д.).

### **8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>18</b>	<b>31</b>
	Оценочное средство № 1.1 Семинар-беседа № 1	0	1
	Оценочное средство № 1.2 Семинар-беседа № 2	0	1
	Оценочное средство № 1.3 Семинар-беседа № 3	0	1
	Оценочное средство № 1.4 Семинар-беседа № 4	0	1
	Оценочное средство № 1.5 ИДЗ №1	18	27
	<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>17</b>	<b>29</b>
	Оценочное средство № 2.1 Семинар-беседа №5	0	1
	Оценочное средство № 2.2 Семинар-беседа № 6	0	1
	Оценочное средство № 2.3 Семинар-конференция № 7	2	3
	Оценочное средство № 2.4 Семинар-дискуссия № 8	2	3
	Оценочное средство № 2.5 ИДЗ №2	13	21
<b>Промежуточный</b>	<b>ЗачО</b>	<b>25</b>	<b>40</b>
	Оценочное средство – Экзаменационный билет	25	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

## 9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### а) основная учебная литература:

1. Бекман И.Н. Радиохимия. Курс лекций. М.:Москва, 2006. [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://profbeckman.narod.ru/RH0.htm>
2. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2014. — 320 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=65268](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65268)
3. Практикум "Основы радиохимии и радиоэкологии". Под редакцией М.И. Афанасова – 2-е издание, переработанное и дополненное - М.: Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012 - 97 с. [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://chembaby.com/radioximiya/>
4. Жерин И.И. Основы радиохимии, методы выделения и разделения радиоактивных элементов: учебное пособие / И.И. Жерин, Г.Н., Амелина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 196 с. [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://window.edu.ru/resource/858/73858>.

5. Медведев, В. П. Физические основы радиохимии : учебное пособие / В. П. Медведев, А. В. Очкин, М. А. Семенов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 188 с. — ISBN 978-5-7262-1524-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75979>.

**б) дополнительная учебная литература:**

1. Наумова Л. Б. Изучение кинетики поглощения  $UO_2^{2+}$  из водных сред природными материалами / Л. Б. Наумова, М. А. Киселева, Л. А. Егорова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 3. С. 243-255. — [Электронный ресурс] Открытый доступ на URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000464739>
2. Жерин И.И., Амелина Г.Н. Химия тория, урана, плутония: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 147 с. — [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://window.edu.ru/resource/857/73857>
3. Левин М.Н., Гитлин В.Р. Радиоактивность: Учебное пособие. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. — 22 с. — [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://window.edu.ru/resource/451/27451>
4. Левин М.Н., Негрбов О.П., Гитлин В.Р., Селиванова О.В., Иванова О.А. Радон: Учебное пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. — 42 с. — [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://window.edu.ru/resource/400/65400>.

**10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

1. Ядерная физика в Интернете [Официальный сайт]. — URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
2. Сайт научной библиотеки Сибирского федерального университета [Официальный сайт]. — URL: <http://lib.sfu-kras.ru/>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Официальный сайт]. — URL: <http://www.gpntb.ru/>
4. Сайт о химии [Официальный сайт]. — URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia>
5. Страница кафедры физической химии Алтайского государственного университета [Официальный сайт]. — URL: <http://www.chem.asu.ru/pcd/koloid>
6. Научная электронная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://www.elibrary.ru/>
7. Российская государственная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://www.rsl.ru/>
8. Электронная библиотека по химии [Официальный сайт]. — URL: <http://mch1.chem.msu.su/>
9. Научно-техническая библиотека СГАУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.ssau.ru/>
10. Научная библиотека Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.msu.su/>
11. Научная библиотека СПбГУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.pu.ru/>

12. Научная библиотека НГТУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.library.nstu.ru/>
13. Каталог библиотеки Химфака МГУ. Журналы, базы данных, книги, аналитические обзоры, учебники, сборники задач [Официальный сайт]. — URL: <http://www.chem.msu.su/rus/elbibch.html>
14. Каталог ссылок на ресурсы Интернет, связанные с химией [Официальный сайт]. — URL: <http://markovsky.virtualave.net/chemonline/>
15. Российский химический журнал "Химия в России" [Официальный сайт]. — URL: <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/>
16. Журнал "Успехи химии"- Публикации обзоров по актуальным проблемам химии и смежных наук [Официальный сайт]. — URL: <http://rcr.ioc.ac.ru/ukhwin.html>

## **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

*Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям (студентам)*

Лекции являются основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных материалов, освещение главнейших экологических проблем. В тетради для конспектирования лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись.

При изучении дисциплины необходимо опираться на междисциплинарный подход к явлениям материальной действительности, т.к. в основе его лежат экологические и биологические законы и закономерности.

При изучении дисциплины следует помнить, что лекционные занятия являются направляющими в большом объеме научного материала. Большую часть знаний студент должен набирать самостоятельно из учебников и научной литературы. На мультимедийных лекциях не надо стремиться сразу переписывать всё содержимое слайдов. Необходимо научиться сопоставлять устное повествование преподавателя с наглядным представлением, после чего следует законспектировать важные факты в рабочей тетради. Тем более, не стоит полностью переписывать таблицы, перерисовывать схемы и графики мультимедийных лекций. Лучше всего, если вы пометите в конспекте лекций два противоположных или взаимодополняющих примера.

Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекций, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к лабораторным занятиям, экзамену, при выполнении самостоятельных заданий.

### *Лекция-беседа*

Лекция-беседа или диалог с аудиторией является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения студентов в учебный процесс. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Это самый простой способ индивидуального обучения, построенный на непосредственном контакте сторон. Эффективность лекции-беседы в условиях группового обучения снижается из-за того, что не всегда удается каждого студента вовлечь в двусторонний обмен мнениями. В первую очередь это связано с недостатком времени, даже если группа малочисленна. В то же время групповая беседа позволяет расширить круг мнений сторон, привлечь коллективный опыт и знания, что имеет большое значение в активизации мышления студентов.

Участие слушателей в лекции-беседе можно привлечь различными приемами, например, озадачивание студентов вопросами в начале лекции и по ее ходу. Как уже описывалось в проблемной лекции, вопросы могут быть информационного и проблемного характера для

выяснения мнений и уровня осведомленности студентов по рассматриваемой теме, степени их готовности к восприятию последующего материала. Вопросы адресуются всей аудитории. Студенты отвечают с мест. Если преподаватель замечает, что кто-то из студентов не участвует в ходе беседы, то вопрос можно адресовать лично тому студенту или спросить его мнение по обсуждаемой проблеме. Для экономии времени вопросы рекомендуется формулировать так, чтобы на них можно было давать однозначные ответы. С учетом разногласий или единодушия в ответах преподаватель строит свои дальнейшие рассуждения, имея при этом возможность наиболее доказательно изложить очередное понятие лекционного материала.

Вопросы могут быть как простыми для того, чтобы сосредоточить внимание студентов на отдельных аспектах темы, так и проблемными. Студенты, продумывая ответ на заданный вопрос, получают возможность самостоятельно прийти к тем выводам и обобщениям, которые преподаватель должен был сообщить им в качестве новых знаний, либо понять важность обсуждаемой темы, что повышает интерес и степень восприятия материала студентами.

Во время проведения лекции-беседы преподаватель должен следить, чтобы задаваемые вопросы не оставались без ответов, т.к. они тогда будут носить риторический характер, не обеспечивая достаточной активизации мышления студентов.

*Семинар-беседа* – вопрос-ответная форма, используется для обобщения пройденного материала. Здесь используется простая процедура. Преподаватель задает аудитории вопросы, отвечают желающие, а преподаватель комментирует. Таким образом, материал актуализируется студентами и контролируется преподавателем.

*Семинар-конференция* – студенты выступают с докладами, которые здесь же и обсуждаются всеми участниками под руководством преподавателя. Это самая распространенная форма семинара. В профессиональном обучении семинар целесообразно строить в контексте изучаемой специальности, связывая теоретические вопросы с практикой работы специалиста. Тогда теоретические знания станут понятными для студентов и войдут в арсенал их профессионального багажа.

*Семинар-дискуссия* – семинар проходит в форме научной дискуссии. Упор здесь делается на инициативе студентов в поиске материалов к семинару и активности их в ходе дискуссии. Важно, чтобы источники информации были разнообразными, представляли различные точки зрения на проблему, а дискуссия всегда направлялась преподавателем.

### *Рекомендации по подготовке лабораторных работ*

Лабораторные занятия по дисциплине «Основы радиохимии» имеют цель закрепить теоретический материал, полученный на лекциях, а также дать практические навыки применения полученных знаний.

Перед выполнением лабораторной работы необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены в начале занятия, для того чтобы закрепить свои знания по разбираемой теме. Правильная полная подготовка к занятию подразумевает прочтение не только лекционного материала, но и учебной литературы.

Непосредственно лабораторные работы предусматривают выполнение заданий по узловым и наиболее важным темам учебной программы. В ходе проведения лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет комплекс заданий, позволяющих закрепить лекционный материал по изучаемой теме.

Прежде чем приступить к выполнению работы, необходимо прочесть ход выполнения работы, ещё раз проговорить его с преподавателем. Для выполнения лабораторных работ студент должен иметь рабочую тетрадь, ручку, калькулятор (с функцией расчета интегралов, логарифмов, корня различных степеней), карточки с формулами, рассмотренными на лекциях.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо:

1. Прочитать литературу, рекомендованную преподавателем, а также конспект лекций.
2. Готовясь к занятию, не пытайтесь все выучить. Главное усвоить основные понятия, и что самое важное разбираться в них. Не бойтесь на практических занятиях выяснять у преподавателя ответ на интересующий вас вопрос и высказывать свое мнение.

К каждому лабораторному занятию необходимо готовиться: прочитать по предстоящей теме лекционный материал и соответствующий раздел учебника.

Ознакомиться с ходом проведения лабораторной работы, и в случае непонимания каких-либо моментов, записать эти вопросы и разобрать их с преподавателем непосредственно перед занятием.

Если необходимо – кратко законспектировать.

Попробовать самому разобраться, если не удалось, сформулировать вопрос для преподавателя. При подготовке к лабораторной работе необходимо самостоятельно оформить протокол работы в тетради. Готовая к защите работа должна быть оформлена по следующему плану:

1. Дата
2. Название темы, по которой выполняется работа
3. Задание
4. Выполненная работа
5. Письменный ответ на вопросы к работе

Студент должен вести активную познавательную работу. Важно включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний.

#### *Рекомендации по организации самостоятельной работы*

Согласно учебному плану дисциплины «Основы радиохимии» ряд вопросов общей программы вынесен для самостоятельной проработки с последующей проверкой полученных знаний и их закрепления на практических занятиях.

Самостоятельная работа включает изучение литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям и зачету.

#### *Рекомендации по выполнению ИДЗ*

ИДЗ должно быть написано четко, разборчиво или напечатано на компьютере (наиболее желательный вариант). ИДЗ должно иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками (с необходимыми пояснениями). Каждый раздел ИДЗ должен в полной мере отражать свое название.

В проекте должны быть указаны ссылки и список использованной литературы или интернет ресурсов.

Для сдачи проекта необходимо подготовить:

1. Отчет по форме (письменный или напечатанный варианты);
2. Презентацию для защиты ИДЗ на семинаре;
3. Электронную версию отчета и презентации для преподавателя.

#### *Рекомендации по подготовке к экзамену*

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др. Подготовку к экзамену необходимо начинать заранее. Следует проанализировать научный и методический материал учебников, учебно-методических пособий, конспекты лекций. Знать формулировки терминов и уметь их четко воспроизводить. Ответы на вопросы из примерного перечня вопросов для подготовки к экзамену лучше обдумать заранее. Ответы построить в четкой и лаконичной форме.

## **12. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

### ***12.1. Перечень информационных технологий***

– Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

– Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

### 12.2. Перечень программного обеспечения

- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).
- Для оформления письменных работ, презентаций, работы в электронных библиотечных системах необходимы программы пакета Microsoft Office (Excel, Word, Power Point, Acrobat Reader), Internet Explorer, или других аналогичных.

### 12.3. Перечень информационных справочных систем

Не требуется.

### 13. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Учебная аудитория для проведения учебных занятий.
2. Специализированная мебель:
3. Стол письменный двухместный – 20 шт.;
4. Стулья – 40 шт.;
5. Доска меловая – 1 шт
6. Технические средства обучения:
7. Проектор -1шт.
8. Мультимедийный проектор -1шт.
9. проекционный экран 1 шт. ноутбук Asus 1 шт.
10. Лицензионное программное обеспечение:
11. Продукты компании Microsoft

Основы радиохимии (лекции)	Мультимедиа-проектор Проекционный экран Акустическая система Ноутбук Доска для написания мелом Аппаратура, обеспечивающая звуковоспроизведение при проведении лекций
Основы радиохимии (практические занятия)	Мультимедиа-проектор Проекционный экран Акустическая система, Ноутбук Доска для написания мелом
Основы радиохимии (лабораторные работы)	Дозиметр ИРД-02 Электронные весы Калькулятор Доска для написания мелом Линейка

### 14. Иные сведения и (или) материалы

#### 14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Тема 1.2. Элементарные частицы и атомные ядра	Лекция	1	Лекция-беседа № 1

2	Тема 1.3. Радиоактивный распад	Лекция	1	Лекция-беседа № 2
	Тема 1.3. Радиоактивный распад	Семинар	2	Семинар-беседа № 1
	Тема 1.4. Виды радиоактивного распада	Лекция	1	Лекция-беседа № 3
	Тема 1.4. Виды радиоактивного распада	Семинар	2	Семинар-беседа № 2
	Тема 1.5. Взаимодействие излучения с веществом	Лекция	1	Лекция-беседа № 4
	Тема 1.5. Взаимодействие излучения с веществом	Семинар	2	Семинар-беседа № 3
	Тема 1.6. Химические эффекты ионизирующих излучений	Семинар	4	Семинар-конференция № 1
	Тема 1.7. Ядерные реакции	Лекция	1	Лекция-беседа № 5
	Тема 1.8. Методы радиохимии	Семинар	2	Семинар-конференция № 2
	Тема 2.1. Получение радиоактивных изотопов и искусственных элементов.	Лекция	2	Лекция-беседа № 6
	Тема 2.1. Получение радиоактивных изотопов и искусственных элементов.	Семинар	2	Семинар-конференция № 3
	Тема 2.2. Ядерная энергия.	Лекция	2	Лекция-беседа № 7
	Тема 2.2. Ядерная энергия.	Семинар	2	Семинар-конференция № 4
	Тема 2.3. Химия радиоактивных элементов.	Лекция	4	Лекция-беседа № 8
	Тема 2.3. Химия радиоактивных элементов.	Семинар	4	ИДЗ
	Тема 3.1. Биологическое действие ионизирующих излучений	Семинар	2	Семинар-дискуссия
	Тема 3.2. Радиационная безопасность	Семинар	2	Семинар-беседа № 4
	Тема 3.3. Источники радиоактивности в окружающей среде	Семинар	2	Семинар-конференция № 5
	Тема 3.4. Методы определения концентрации радионуклидов в объектах ОС	Семинар	2	Семинар-беседа № 5
	Тема 3.5. Радиохимия АЭС	Семинар	4	Семинар-конференция № 6
	Тема 3.6. Концепция по обращению с ядерным топливом и радиоактивными отходами	Лекция	4	Лекция-беседа № 9
	Тема 3.8. Ядерная безопасность	Семинар	2	Семинар-конференция № 7

	<b>Итого</b>	<b>51</b>	

***14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)***

Темы, изучаемые самостоятельно:

1. Производство энергии и развитие цивилизации.
2. Стратегия атомной энергетики России.
3. Радиационная химия. Действие радиации на органические вещества.
4. Химия ядерных превращений. «Горячие» атомы. Энергия атомов отдачи.
5. Радиолиз водных растворов в первом контуре АЭС.
6. Природные ресурсы урана, уран в земной коре, минералы урана, месторождение урана. Методы вскрытия урановых руд.
7. Извлечение урана из растворов. Методы очистки урана. Промышленные методы получения  $UO_2$ ,  $UF_4$  и  $UF_6$ .
8. Производство металлического урана. Металлотермические и электролитические методы получения урана.
9. Соединения урана, применяемые в качестве ядерного топлива.
10. Химия радиоактивных элементов. Химические свойства радия.
11. Химия радиоактивных элементов. Радон.
12. Химия радиоактивных элементов. Тритий.
13. Радиоактивные изотопы йода в газовой фазе.

### 14.3. Краткий терминологический словарь

**Активность источника радиоактивного излучения** – отношение общего числа распадов радиоактивных ядер в радиоактивном источнике ко времени распада.

**Альфа-излучение:** Корпускулярное излучение, состоящее из альфа-частиц, испускаемых в процессе ядерных превращений.

**Беккерель (Бк)** – единица активности радиоактивного вещества в СИ. 1 Бк равен активности такого радиоактивного вещества, в котором за время 1 с происходит один акт распада.

**Бета-излучение:** Корпускулярное излучение, состоящее из отрицательно заряженных электронов или позитронов, возникающее при радиоактивном распаде ядер.

**Второй закон фотоэффекта.** Максимальная кинетическая энергия, вырываемых светом электронов, возрастает линейно с частотой и не зависит от интенсивности.

**Гамма-излучение:** Фотонное излучение, возникающее в процессе ядерных превращений или при аннигиляции частиц.

**Граничная энергия бета-излучения:** Наибольшая энергия бета частиц в непрерывном спектре бета-излучения данного радионуклида.

**Закон радиоактивного распада** – закон, по которому находят число не распавшихся атомов:  $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$ .

**Запирающее напряжение ( $U_3$ )** – напряжение, при котором величина фотоэлектрического тока равна нулю.

**Изотопы** – разновидности атомов (и ядер) какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный (порядковый) номер, но при этом разные массовые числа.

**Ионизирующее излучение:** Излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков.

**Камера Вильсона** – прибор для наблюдения следов движущихся с большой скоростью микрочастиц (электронов, протонов,  $\alpha$ -частиц и др.). Создана в 1912 г. английским физиком Вильсоном.

**Косвенно ионизирующее излучение:** Излучение, состоящее из незаряженных частиц, взаимодействие которых со средой приводит к возникновению заряженных частиц, способных непосредственно вызвать ионизацию.

**Коэффициент размножения нейтронов ( $k$ )** – равен отношению числа нейтронов в одном каком-либо поколении цепной реакции к породившему их числу нейтронов предшествующего поколения:  $k = N_i/N_{i-1}$

**Критическая масса ( $m_k$ )** – наименьшая масса ядерного горючего (урана, плутония), при которой осуществляется цепная ядерная реакция.

**Кюри (Ки)** - внесистемная единица активности радиоактивного вещества.  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.

**Массовое число ( $A$ )** – общее число нуклонов (протонов и нейтронов) в атомном ядре; одна из основных характеристик атомного ядра.

**Нейтрон** – электрически нейтральная элементарная частица с массой покоя  $1,68 \cdot 10^{-27}$  кг = 1,00867 а.е.м. В свободном состоянии неустойчив.

**Непосредственно ионизирующее излучение:** Излучение, состоящее из заряженных частиц, кинетическая энергия которых достаточна для ионизации при столкновении с атомами вещества.

**Нуклоны** – общее название для протонов и нейтронов, т. е. частиц, из которых состоит ядро.

**Первый закон фотоэффекта.** Количество электронов, вырываемых с поверхности металла за 1 с, прямо пропорционально поглощенной энергии световой волны.

**Период полураспада ( $T$ )** – интервал времени, в течение которого распадется половина первоначального количества ядер.

**Поглощенная доза излучения** – отношение поглощенной энергии  $E$  ионизирующего излучения к массе ею облучаемого вещества.

**Постулаты Бора** – основные допущения, введенные без доказательства Н. Бором, которые положены в основу квантовой теории атома.

**Правило смещения:** при  $\alpha$ -распаде ядро теряет положительный заряд  $2e$ , и его масса убывает приблизительно на 4 а.е.м.; при  $\beta$ -распаде заряд ядра увеличивается на  $1e$ , а масса не изменяется.

**Протон** – стабильная элементарная частица с положительным элементарным электрическим зарядом с массой покоя  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$

**Радиоактивность** – способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра, испуская при этом различные частицы.

**Радиоактивные семейства (ряды)** – генетически связанные последовательным радиоактивным распадом цепочки (ряды) ядер естественного происхождения.

**Радиоактивный элемент** – химический элемент все изотопы которого радиоактивны. На практике этим термином часто называют всякий элемент, в природной смеси которого присутствует хотя бы один радиоактивный изотоп, то есть если элемент проявляет радиоактивность в природе. Кроме того, радиоактивными являются все синтезированные на сегодняшний день искусственные элементы, так как все их изотопы радиоактивны.

**Радионуклидный источник:** Радиоактивное вещество в определенном конструктивном оформлении – на подложке, в капсуле, ампуле, кювете.

**Радиохимия** – изучает химию радиоактивных веществ, законы их физико-химического поведения, химию ядерных превращений и сопутствующие им физико-химические процессы.

**Разделение изотопов** – технологический процесс изменения изотопного состава вещества, состоящего из смеси различных изотопов одного химического элемента. Из одной смеси изотопов на выходе процесса получают две смеси: одна с повышенным содержанием требуемого изотопа (обогащенная смесь), другая с пониженным (обедненная смесь).

**Рентгеновское излучение:** Фотонное излучение, состоящее из тормозного и характеристического излучений.

**Спектральный анализ** – метод исследования химического состава вещества по его спектру излучения или поглощения.

**Спектроскоп, спектрограф** – оптические приборы для исследования спектров излучения и поглощения.

**Средняя энергия бета-частиц:** Средняя энергия бета-частицы на один акт распада данного нуклида, определяемая по энергетическому спектру бета-частиц.

**Термоядерные реакции** – ядерные реакции между легкими атомными ядрами, протекающие при очень высоких температурах.

**Тормозное излучение:** Фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц.

**Третий закон фотоэффекта.** Для каждого вещества существует "красная граница" – минимальная частота  $\nu_{\text{кр}}$  (максимальная длина волны), при которой фотоэффект еще наблюдается.

**Фон (ионизирующего излучения):** Ионизирующее излучение, состоящее из естественного радиационного фона и ионизирующего излучения посторонних источников излучения.

**Фотон** – квант поля электромагнитного излучения, электрически нейтральная элементарная частица с нулевой массой покоя.

**Фотонное излучение:** Электромагнитное косвенно ионизирующее излучение.

**Фотоэффект** – явление испускания электронов веществом под действием света.

**Характеристическое излучение:** Фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.

**Цепная реакция деления** – самоподдерживающаяся реакция деления тяжелых ядер, в которой непрерывно воспроизводятся нейтроны, делящие все новые и новые ядра.

**Энергетический выход ядерной реакции** – разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после реакции.

**Энергия излучения;  $R$ :** Энергия частиц, испущенная, переданная или полученная частицами, исключая энергию покоя, единица: Дж.

**Энергия передачи;  $\epsilon_i$ :** Энергия, сообщенная веществу при одном акте взаимодействия  $i$  частицы с веществом, равная разности энергии падающей частицы  $\epsilon_{\text{вх}}$ , исключая энергию покоя, и суммы энергий всех ионизирующих частиц, покидающих локальную область

взаимодействия  $\varepsilon_{выл}$ , плюс изменение энергий покоя  $Q$  ядер и всех элементарных частиц при любых превращениях, имевших место при данном взаимодействии

**Энергия связи атомного ядра** ( $E_{св}$ ) – характеризует интенсивность взаимодействия нуклонов в ядре и равна той максимальной энергии, которую необходимо затратить, чтобы разделить ядро на отдельные невзаимодействующие нуклоны без сообщения им кинетической энергии.

**Эффективная энергия фотонного излучения:** Энергия фотонов моноэнергетического фотонного излучения, относительное ослабление которого в поглотителе определенного состава и определенной толщины соответствует энергии фотонов рассматриваемого немонаэнергетического фотонного излучения.

**Ядерная (планетарная) модель атома** - в центре расположено положительное заряженное ядро (диаметр порядка  $10^{-15}$  м); вокруг ядра, подобно планетам солнечной системы, двигаются электроны по круговым орбитам.

**Ядерная реакция** – реакция превращения атомных ядер в результате взаимодействия друг с другом или какими-либо элементарными частицами.

**Ядерная реакция деления** - реакция деления атомных ядер тяжелых элементов под действием нейтронов.

**Ядерные силы** – силы, действующие между нуклонами в атомных ядрах и определяющие строение и свойства ядер. Они короткодействующие, их радиус действия  $10^{-15}$  м.

**Ядерный реактор** – устройство, в котором осуществляется управляемая цепная реакция деления ядер.

## 15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях

ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ, могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Составлено в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 04.03.01 «Химия».

Составила:

\_\_\_\_\_ А.С. Шилина, к.х.н., доцент

Рецензент

\_\_\_\_\_ С.Б. Бурухин, доцент отделения биотехнологий, к.х.н., доцент

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рассмотрена на заседании отделения  
биотехнологий и рекомендована к одобрению  
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

(протокол № 9/1 от «21» 04 2023г.)

Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ  
НИЯУ МИФИ

А.А. Котляров

