

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины  
Радиохимия и радиозэкология

---

Уровень высшего образования  
Специалитет

---

Направление подготовки / специальность  
04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

---

Направленность образовательной программы  
Неорганическая химия

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород  
2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.03.09 Радиохимия и радиоэкология относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1-1: Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов ОПК-1-2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии ОПК-1-3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1-1: Владеть навыками обработки и анализа результатов химических экспериментов, навыками интерпретации расчетных данных по свойствам веществ и материалов  Уметь обрабатывать и анализировать результаты химических экспериментов  Знать современные подходы к статистической обработке результатов эксперимента и их стандартизированному представлению  ОПК-1-2: Владеть навыками интерпретации результатов экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ радиохимии  Уметь работать с радиохимическим оборудованием и базами радиохимических данных (диаграмма нуклидов, <a href="http://www.nucleonica.com">www.nucleonica.com</a> , <a href="http://www.russianatom.ru">www.russianatom.ru</a> )	Допуск к лабораторной работе Коллоквиум Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>Знать теоретические основы радиохимии</p> <p>ОПК-1-3: Владеть навыками формулировки заключений и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ радиохимической направленности</p> <p>Уметь сопоставлять полученные результаты с теоретическими закономерностями, лежащими в основе радиохимии</p> <p>Знать важнейшие теоретические закономерности, лежащие в основе радиохимии</p>		
ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	<p>ОПК-2-1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p> <p>ОПК-2-2: Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик</p> <p>ОПК-2-3: Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе</p> <p>ОПК-2-4: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования</p>	<p>ОПК-2-1: Владеть навыками работы с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p> <p>Уметь проводить лабораторные эксперименты с химическими веществами</p> <p>Знать основные принципы техники безопасности при работе с химическими веществами</p> <p>ОПК-2-2: Владеть навыками синтеза веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик</p> <p>Уметь синтезировать вещества и материалы</p> <p>Знать основные современные методы синтеза веществ и материалов, используемых для</p>	Допуск к лабораторной работе Контрольная работа	Экзамен: Задачи

		<p>радиохимических задач</p> <p>ОПК-2-3: Владеть навыками определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе</p> <p>Уметь проводить стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ</p> <p>Знать теоретические закономерности, лежащие в основе работы современных приборов для определения химического и фазового состава веществ</p> <p>ОПК-2-4: Владеть навыками исследования свойств веществ и материалов с использованием современного радиохимического оборудования</p> <p>Уметь работать с современным радиохимическим оборудованием</p> <p>Знать теоретические закономерности, лежащие в основе работы современных радиохимических приборов</p>		
ОПК-6: Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	<p>ОПК-6-1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</p> <p>ОПК-6-2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры</p> <p>ОПК-6-3: Представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке в соответствии с нормами и</p>	<p>ОПК-6-1: Владеть навыками представления результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</p> <p>Уметь интерпретировать и систематизировать результаты научной работы</p> <p>Знать требования к написанию отчетов о научном исследовании</p>	Контрольная работа Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Задачи

	<p>правилами, принятыми в химическом сообществе</p> <p><i>ОПК-6-4: Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках</i></p>	<p><i>ОПК-6-2:</i></p> <p><i>Владеть навыками представления радиохимической информации с учетом требований библиографической культуры</i></p> <p><i>Уметь интерпретировать и систематизировать радиохимические данные</i></p> <p><i>Знать требования библиографической культуры</i></p> <p><i>Владеть навыками представления радиохимической информации с учетом требований библиографической культуры</i></p> <p><i>Уметь интерпретировать и систематизировать радиохимические данные</i></p> <p><i>Знать требования библиографической культуры</i></p> <p><i>ОПК-6-3:</i></p> <p><i>Владеть навыками представления результатов работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке</i></p> <p><i>Уметь интерпретировать, систематизировать и обобщать результаты научной работы</i></p> <p><i>Знать основные принципы написания научных публикаций</i></p> <p><i>ОПК-6-4:</i></p> <p><i>Владеть навыками подготовки и представления презентаций по заданной радиохимической теме</i></p> <p><i>Уметь работать в программах для создания презентаций</i></p> <p><i>Знать основные принципы</i></p>		
--	--	---	--	--

		представления научных результатов в виде презентаций		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>42</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Естественная радиоактивность	56	16	24	40	16
Тема 2. Искусственная радиоактивность	50	16	8	24	26
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ОПК-1**

Что изучает радиохимия?

Дайте определения понятий: химический элемент, нуклид, нуклон?

В чем отличие изотопов, изотонов, изобаров?

Что такое ядерные изомеры? В чем заключается оболочечная модель строения ядра?

Что такое радиоактивный распад?

Как изменяются масса и заряд ядра при  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -распаде?

Схематическое представление  $\alpha$ -распада. Тонкая структура спектра и длиннопробежные  $\alpha$ -частицы.

Распределение  $\beta$ -частиц по энергии. Графическая зависимость.

Какое излучение сопутствует позитронному распаду?

Что происходит с электронной оболочкой атома при К-захвате?

Что такое внутренняя конверсия  $\gamma$ -лучей?

Как различные виды радиоактивных излучения взаимодействуют с веществом?

Ионизирующее действие и проникающая способность  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения.

На каких механизмах взаимодействия излучения с веществом основаны известные Вам методы регистрации радиоактивных излучений?

Дифференциальная и интегральная форма закона радиоактивного распада.

Графическое изображение закона радиоактивного распада.

Что такое период полураспада, постоянная радиоактивного распада, средняя продолжительность жизни? Уравнения, связывающие эти величины.

Что такое абсолютная активность?

Какие единицы измерения абсолютной активности Вам известны?

Методы определения периода полураспада короткоживущего и долгоживущего радионуклидов.

Каков период полураспада изотопа, если за 5 часов его активность уменьшилась в 16 раз?

Почему можно считать, что за 10 периодов полураспада изотопа образец практически полностью распадется?

Что такое радиоактивное равновесие?

При каких условиях осуществляется вековое радиоактивное равновесие?

При каких условиях осуществляется подвижное радиоактивное равновесие?

Уравнение, описывающее изменение активности дочернего радиоактивного вещества во времени.

Через какой промежуток времени практически наступает равновесное состояние?

Химические свойства урана, тория, радия, радона.

Во сколько раз увеличится активность препарата радия, очищенного от продуктов распада, после установления векового равновесия со всеми продуктами распада?

Как изменяется активность радона, образующегося из радия, во времени?

Что такое активный осадок эманации?

Изотопы каких элементов входят в состав активного осадка радона? торона? актинона?

Как меняется активность продуктов распада эманации радия?

Назовите изотопы, непрерывно синтезируемые в природе?

Назовите отдельные (вне радиоактивных семейств) радиоактивные изотопы, имеющиеся в природе.

Ядерная реакция деления тяжелых ядер. Спонтанное и вынужденное деление ядер.

Ядерное топливо.

Напишите реакции образования «осколочных» изотопов в ядерном реакторе.

Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл.

### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ОПК-2**

Поглощенная доза. Единицы измерения.

Эквивалентная и эффективная доза. Единицы измерения.

Экспозиционная доза. Единицы измерения.

Приборы дозиметрического контроля.

Радиационный фон помещений. Факторы, определяющие радиационный фон.

Роль радона в формировании радиационного фона.

Какие нормы радиационной безопасности существуют в настоящее время для персонала, работающего с радионуклидами, и населения?

Какие существуют способы защиты от  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения?

Какие нормы техники безопасности должны выполняться при работе с радиоактивными веществами?

Каков вклад искусственной радиоактивности в общий радиационный фон?

Какие меры нужны принять, чтобы устранить радиоактивные загрязнения при попадании радионуклидов в окружающую среду?

Какие бывают разновидности радиоактивных отходов?

Какие формы отверждения отходов Вам известны? В чем достоинства и недостатки каждой из них?



## Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

#### Вопросы к 1 коллоквиуму

1. Основные понятия и определения: радиохимия, радиоэкология, радиоактивный распад, радионуклиды, радиоактивные элементы. Виды радиоактивного распада. Ионизирующее излучение и его виды. Применение радиоактивности и ионизирующих излучений.
2.  $\alpha$ -распад. Спектр. Взаимодействие излучения с веществом. Защита от  $\alpha$ -излучения. Методы его регистрации.
3.  $\beta$ -распад. Спектр. Специфические эффекты взаимодействия излучения с веществом. Защита от  $\beta$ -излучения. Методы регистрации.
4.  $\gamma$ -распад. Его виды. Безизлучательный изомерный переход ядра. Специфические эффекты взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом. Защита от  $\gamma$ -излучения. Методы регистрации.
5. Закон радиоактивного распада. Активность. Период полураспада, радиоактивная постоянная. Средняя продолжительность жизни радионуклида. Диаграмма нуклидов.
6. Ионизационный метод регистрации ионизирующих излучений. Счетчик Гейгера. Сцинтилляционный и полупроводниковый методы регистрации ионизирующих излучений. Абсолютный и относительный метод измерений радиоактивности.
7. Накопление дочерних продуктов. Радиоактивное равновесие. Время установления равновесия.
8. Радиоактивные ряды. Подсемейства в природных рядах. Роль радона в помещении. Опасность радонового фактора. Способы его контроля и пути снижения его вклада в общее облучение человека.
9. Радиационный фон. Его составляющие. Радиоактивные изотопы в природе. Классификация естественных радионуклидов. Изменение естественного фона в процессе техногенной деятельности.
10. Радиометрия, спектрометрия и дозиметрия. Дозиметрические величины. Дозиметрические нормативы.
11. Методы определения периодов полураспада и радиоактивных постоянных (в случае одного радионуклида, в системе генетически несвязанных радионуклидов, в системе генетически связанных радионуклидов).
12. Радиоизотопное датирование. Методы определения возраста минералов и других объектов по радиоактивности.

## **Вопросы ко 2 коллоквиуму**

1. Искусственные радионуклиды. Ядерные реакции. Классификация ядерных реакций.
2. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергетический эффект, порог и кулоновский барьер ядерной реакции.
3. Эффективное сечение ядерной реакции. Выход ядерных реакций.
4. Ядерные реакции на нейтронах. Их особенности. Классификация нейтронов по энергии. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами.
5. Источники нейтронов.
6. Регистрация нейтронов.
7. Нейтронно-активационный анализ.
8. Реакции деления атомных ядер. Механизм реакции деления. Параметр деления ядра. Энергия активации процесса деления.
9. Основные характеристики реакции деления атомных ядер. Продукты деления. Коэффициент размножения нейтронов.
10. Принцип работы ядерного реактора.
11. Ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Химические и экологические проблемы. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл.
12. Регенерация ОЯТ. Радиоактивные отходы.
13. Ядерные реакции на заряженных частицах. Реакции термоядерного синтеза. Трансурановые элементы.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми

Оценка	Критерии оценивания
	ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

#### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Обзор литературных источников по теме лабораторной работы, обобщение литературных данных.
2. Представление результатов эксперимента в виде таблиц и (или) графических зависимостей в отчете.
3. Расчет содержания компонента и мощности дозы по экспериментальным данным, интерпретация полученного результата в соответствии с теоретическими сведениями.
4. Анализ полученных данных. Выводы.

#### 5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Приборы и реактивы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Протоколирование результатов опытов.
3. Статистическая обработка результатов анализа.
4. Оформление списка литературы согласно требованиям к отчету; отражение литературных источников по теме работы.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Отчет должен удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к оформлению отчета. Содержание отчета соответствует названию лабораторной работы. Результаты эксперимента отражены в отчете, соответствуют данным в подписанном протоколе, обработаны, сделаны соответствующие выводы
не зачтено	Содержание отчета не соответствует теме лабораторной работы, предъявляемые требования к оформлению лабораторной работы не соблюдены. Результаты эксперимента не отражены в отчете, либо не соответствуют протоколу, не

Оценка	Критерии оценивания
	обработаны, выводы по работе не сделаны. Или отчет не предоставлен.

### 5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

#### Задача 1

Можно ли взвесить на аналитических весах препарат  $^{238}\text{U}$ , имеющий такую же активность, как и 1 г  $^{226}\text{Ra}$ ? А препарат  $^{210}\text{Po}$  с той же активностью?

Периоды полураспада:  $T_{1/2}(^{238}\text{U}) = 4.468 \cdot 10^9$  лет,  $T_{1/2}(^{210}\text{Po}) = 138.376$  сут,  $T_{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1600$  лет

#### Задача 2

Каково соотношение масс препаратов  $^{82}\text{Br}$  ( $T_{1/2} = 35.82$  ч) и  $^{24}\text{NaBr}$  ( $T_{1/2} = 14.997$  ч), если активности обоих препаратов равны?

#### Задача 3

Рассчитайте объемную активность (Бк/л) 0.5 М раствора  $\text{KNO}_3$ , если в природной смеси изотопов калия содержится 0.0117% радионуклида  $^{40}\text{K}$ , а период его полураспада равен  $1.248 \cdot 10^9$  лет.

#### Задача 4

Рассчитайте удельную активность КОН

#### Задача 5

Рассчитайте мольную долю  $^{14}\text{C}$  ( $T(^{14}\text{C}) = 5700$  лет) среди изотопов углерода в образце  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с удельной активностью 0.2 МБк/мг.

#### Задача 6

Каковы масса и активность  $\text{Rn-220}$  ( $T_{\text{Rn}} = 55.6$  с), находящегося в радиоактивном равновесии с 200 мг  $\text{Th-232}$  ( $T_{\text{Th}} = 1.40 \cdot 10^{10}$  лет)?

### Задача 7

В герметичный сосуд объемом 500 мл поместили 1 г Ra-226 ( $TRa = 1600$  лет). Каким будет давление радона Rn-222 ( $TRn = 3.82$  сут) в этом сосуде через 6 месяцев при температуре 20 С?

### Задача 8

В настоящее время природный уран представлен смесью изотопов:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$ , причем содержание  $^{238}\text{U}$  в природной смеси изотопов составляет 99.2742%. Периоды полураспада этих нуклидов:  $T(^{238}\text{U}) = 4.468 \cdot 10^9$  лет,  $T(^{235}\text{U}) = 7.04 \cdot 10^8$  лет,  $T(^{234}\text{U}) = 2.455 \cdot 10^5$  лет.

Рассчитайте изотопный состав урана в настоящее время и в будущем через 4.5 млрд лет.

### Задача 9

Радионуклид теллура ( $T(\text{Te}) = 3.204$  сут) сразу после его выделения и очистки от примесей характеризовался активностью  $A_0$ . Через какое время активность его дочернего радионуклида ( $T(\text{I}) = 2.295$  ч) станет равной  $0.875A_0$  ( $t_1$ ), а затем уменьшится до  $0.25A_0$  ( $t_2$ )?

### Задача 10

Радиационный фон в Нижнем Новгороде составляет  $\sim 10$  мкР/ч. Какая доза будет получена человеком за 70 лет? Какую часть она составит от допустимой за жизнь?

5.1.7 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

### Задача 1

Нуклид Tc-95 обладает  $\beta^+$ -радиоактивностью с периодом полураспада 20 ч.

1. Напишите уравнение его радиоактивного распада.
2. Рассчитайте активность препарата технеция-95 массой 0.5 г в данный момент и через 48 ч.

### Задача 2

Определите время распада 90% ядер Rn-222 (период полураспада 3.82 сут).

### Задача 3

**Препарат содержит радионуклид  $\text{Ce-141}$  ( $T = 32.511$  сут) активностью 200 МБк и примесь радионуклида  $\text{La-140}$  ( $T = 1.679$  сут) активностью 35 МБк. Какое минимальное время следует хранить препарат, чтобы активность примеси не превышала 2% общей активности препарата.**

**Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

##### Оценочное средство - Контрольные вопросы

##### Экзамен

##### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.



Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности)**

1. Основные понятия и определения: радиохимия, радиоэкология, радиоактивный распад, радионуклиды, радиоактивные элементы. Виды радиоактивного распада. Ионизирующее излучение и его виды. Применение радиоактивности и ионизирующих излучений.
2.  $\alpha$ -распад. Спектр. Взаимодействие излучения с веществом. Защита от  $\alpha$ -излучения. Методы его регистрации.
3.  $\beta$ -распад. Спектр. Специфические эффекты взаимодействия излучения с веществом. Защита от  $\beta$ -излучения. Методы регистрации.
4.  $\gamma$ -распад. Его виды. Безизлучательный изомерный переход ядра. Специфические эффекты взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом. Защита от  $\gamma$ -излучения. Методы регистрации.
5. Закон радиоактивного распада. Активность. Период полураспада, радиоактивная постоянная. Средняя продолжительность жизни радионуклида. Диаграмма нуклидов.
6. Ионизационный метод регистрации ионизирующих излучений. Счетчик Гейгера. Сцинтилляционный и полупроводниковый методы регистрации ионизирующих излучений. Абсолютный и относительный метод измерений радиоактивности.
7. Накопление дочерних продуктов. Радиоактивное равновесие. Время установления равновесия.
8. Радиоактивные ряды. Подсемейства в природных рядах. Роль радона в помещении. Опасность радонового фактора. Способы его контроля и пути снижения его вклада в общее облучение человека.
9. Радиационный фон. Его составляющие. Радиоактивные изотопы в природе. Классификация естественных радионуклидов. Изменение естественного фона в процессе техногенной деятельности.
10. Радиометрия, спектрометрия и дозиметрия. Дозиметрические величины. Дозиметрические нормативы.

11. Методы определения периодов полураспада и радиоактивных постоянных (в случае одного радионуклида, в системе генетически несвязанных радионуклидов, в системе генетически связанных радионуклидов).
12. Радиоизотопное датирование. Методы определения возраста минералов и других объектов по радиоактивности.
13. Искусственные радионуклиды. Ядерные реакции. Классификация ядерных реакций.
14. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергетический эффект, порог и кулоновский барьер ядерной реакции.
15. Эффективное сечение ядерной реакции. Выход ядерных реакций.
16. Ядерные реакции на нейтронах. Их особенности. Классификация нейтронов по энергии. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами.
17. Источники нейтронов.
18. Регистрация нейтронов.
19. Нейтронно-активационный анализ.
20. Реакции деления атомных ядер. Механизм реакции деления. Параметр деления ядра. Энергия активации процесса деления.
21. Основные характеристики реакции деления атомных ядер. Продукты деления. Коэффициент размножения нейтронов.
22. Принцип работы ядерного реактора.
23. Ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Химические и экологические проблемы. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл.
24. Регенерация ОЯТ. Радиоактивные отходы.
25. Ядерные реакции на заряженных частицах. Реакции термоядерного синтеза. Трансурановые элементы.

## Оценочное средство - Задачи

### Экзамен

#### Критерии оценивания (Задачи - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

**Типовые задания (Задачи - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-2**  
(Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности)

#### Задача 1

**Можно ли взвесить на аналитических весах препарат  $^{238}\text{U}$ , имеющий такую же активность, как и 1 г  $^{226}\text{Ra}$ ? А препарат  $^{210}\text{Po}$  с той же активностью?**

Периоды полураспада:  $T_{1/2}(^{238}\text{U}) = 4.468 \cdot 10^9$  лет,  $T_{1/2}(^{210}\text{Po}) = 138.376$  сут,  $T_{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1600$  лет

## Задача 2

Каково соотношение масс препаратов  $\text{Na}^{82}\text{Br}$  ( $T_{1/2} = 35.82$  ч) и  $^{24}\text{NaBr}$  ( $T_{1/2} = 14.997$  ч), если активности обоих препаратов равны?

## Задача 3

Рассчитайте объемную активность (Бк/л) 0.5 М раствора  $\text{KNO}_3$ , если в природной смеси изотопов калия содержится 0.0117% радионуклида  $^{40}\text{K}$ , а период его полураспада равен  $1.248 \cdot 10^9$  лет.

## Задача 4

Рассчитайте удельную активность КОН

## Задача 5

Рассчитайте мольную долю  $^{14}\text{C}$  ( $T(^{14}\text{C}) = 5700$  лет) среди изотопов углерода в образце  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с удельной активностью 0.2 МБк/мг.

## Задача 6

Каковы масса и активность  $\text{Rn-220}$  ( $T_{\text{Rn}} = 55.6$  с), находящегося в радиоактивном равновесии с 200 мг  $\text{Th-232}$  ( $T_{\text{Th}} = 1.40 \cdot 10^{10}$  лет)?

## Задача 7

В герметичный сосуд объемом 500 мл поместили 1 г  $\text{Ra-226}$  ( $T_{\text{Ra}} = 1600$  лет). Каким будет давление радона  $\text{Rn-222}$  ( $T_{\text{Rn}} = 3.82$  сут) в этом сосуде через 6 месяцев при температуре 20 С?

## Задача 8

В настоящее время природный уран представлен смесью изотопов:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$ , причем содержание  $^{238}\text{U}$  в природной смеси изотопов составляет 99.2742%. Периоды полураспада этих нуклидов:  $T(^{238}\text{U}) = 4.468 \cdot 10^9$  лет,  $T(^{235}\text{U}) = 7.04 \cdot 10^8$  лет,  $T(^{234}\text{U}) = 2.455 \cdot 10^5$  лет.

**Рассчитайте изотопный состав урана в настоящее время и в будущем через 4.5 млрд лет.**

### **Задача 9**

**Радионуклид теллура ( $T(Te) = 3.204$  сут) сразу после его выделения и очистки от примесей характеризовался активностью  $A_0$ . Через какое время активность его дочернего радионуклида ( $T(I) = 2.295$  ч) станет равной  $0.875A_0$  ( $t_1$ ), а затем уменьшится до  $0.25A_0$  ( $t_2$ )?**

### **Задача 10**

**Радиационный фон в Нижнем Новгороде составляет  $\sim 10$  мкР/ч. Какая доза будет получена человеком за 70 лет? Какую часть она составит от допустимой за жизнь?**

**Типовые задания (Задачи - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-6 (Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе)**

#### **Задача 1**

Нуклид Tc-95 обладает  $\beta^+$ -радиоактивностью с периодом полураспада 20 ч.

1. Напишите уравнение его радиоактивного распада.
2. Рассчитайте активность препарата технеция-95 массой 0.5 г в данный момент и через 48 ч.

#### **Задача 2**

Определите время распада 90% ядер Rn-222 (период полураспада 3.82 сут).

#### **Задача 3**

Препарат содержит радионуклид Ce-141 ( $T = 32.511$  сут) активностью 200 МБк и примесь радионуклида La-140 ( $T = 1.679$  сут) активностью 35 МБк. Какое минимальное время следует хранить препарат, чтобы активность примеси не превышала 2% общей активности препарата.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Бекман И. Н. Радиохимия в 2 т. Т. 1 фундаментальная радиохимия : учебник и практикум / И. Н. Бекман. - Москва : Юрайт, 2023. - 473 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-04180-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=840496&idb=0>.
2. Бекман И. Н. Радиохимия в 2 т. Т. 2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность :

- учебник и практикум / И. Н. Бекман. - Москва : Юрайт, 2023. - 386 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-04182-8. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=845780&idb=0>.
3. Бекман И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия : учебник / И. Н. Бекман. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 497 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-07879-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=842011&idb=0>.
4. Алиев Р. А. Радиоактивность / Алиев Р. А., Калмыков С. Н. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 304 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-8114-9069-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=781615&idb=0>.
5. Медведев В. П. Физические основы радиохимии : учебное пособие для вузов / Медведев В. П., Очкин А. В., Семенов М. А. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. - 188 с. - Рекомендовано УМО «Ядерные физика и технологии» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции НИЯУ МИФИ - Химия. - ISBN 978-5-7262-1524-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=716472&idb=0>.

#### Дополнительная литература:

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) : СП2.6.1.758-99 : Ионизирующее излучение, радиац. безопасность. - М. : Минздрав России, 1999. - 116 с. - (Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы). - 78.75., 1 экз.
2. Бекман Игорь Николаевич. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения : учеб. для бакалавриата и магистратуры. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2017. - 398 с. - (Университеты России). - ISBN 978-5-534-00439-7 : 929.00., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.nucleonica.com>

<http://www.russianatom.ru>

#### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Радиометр радона РРА-01М-03

Индикатор радона	SIRAD	(3 шт.)	MR-106N
Дозиметр-радиометр	«Снегирь»	(6 шт.)	МКС-15Д
Дозиметр-радиометр	«Чибис»	(2 шт.)	МКС-10Д
Дозиметр	ДБГ-01С		Синтекс-М
Альфа-бета радиометры для измерения малых активностей	УМФ-2000	(3 шт.)	
Комплект спектрометрический	«Spdte»	к	УФМ-2000
Сушильный шкаф			SNOL
Весы			BL620S
Шкаф вытяжной 2Ш-НЖ			

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную

информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 04.05.01 -  
Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Асабина Елена Анатольевна, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Сулейманов Евгений Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.