

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.

"25" мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

Радиохимия

Специальность
18.05.02 – Химическая технология материалов
современной энергетики

Специализация
«Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных
энергетических установок»

Квалификация выпускника
Инженер

Разработчик

25.05.2023
(дата)

Плотникова С.Е.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой неорганической химии и химической технологии
(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

25.05.2023
(дата)

Нифталиев С.И.
(Ф.И.О.)

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: химической технологии материалов ядерного топливного цикла; химической технологии разделения и применения изотопов; химической технологии теплоносителей и радиозкологии ядерных энергетических установок; радиационной химии и радиационного материаловедения; ядерной и радиационной безопасности на объектах использования ядерной энергии; химической технологии наноматериалов в области ядерной энергетики; химической технологии редких и редкоземельных металлов, химической технологии радиофармпрепаратов).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа: *научно-исследовательский; технологический; организационно-управленческий; проектный.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Знает: основные понятия и определения радиохимии; законы радиоактивного распада; радиоактивные семейства урана, актиноурана и тория; классификацию методов выделения и разделения
	Умеет: определять экспериментально или путем расчета характеристики полей излучений; применять радиометрические методы для анализа руд, концентратов, солей
	Владеет: радиометрическими методами для анализа руд, концентратов, солей, выполнять радиохимические операции для активационного анализа

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Радиохимия» относится к блоку один ОП и ее базовой части. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин Физика, Общая химия, Неорганическая химия.

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин Производственная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)) Производственная практика (преддипломная практика).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего. часов акад.	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		Семестр 6	Семестр 7
Общая трудоемкость дисциплины	288	180	108
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	121,85	76	45,85
Лекции	51	36	15
<i>В том числе в форме практической подготовки</i>			
Лабораторные работы	18	18	-
<i>В том числе в форме практической подготовки</i>	0	0	0
Практические занятия	48	18	30
<i>В том числе в форме практической подготовки</i>	0	0	0
Консультации текущие	2,85	1,8	0,85
Проведение консультаций перед экзаменом	2	2	-
Виды аттестации экзамен бсем., зачет 7сем.	0,2	экзамен 0,2	зачет
Самостоятельная работа:	132,35	70,2	62,15
Собеседование	92,35	42,2	50,15
Тестирование	24	16	8
Решение задач	8	8	
Решение кейс-задач	8	4	4
Подготовка к экзамену (контроль)	33,8	33,8	

5 Содержание дисциплины, структурированного по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, час
-------	---------------------------------	--------------------	---------------------------

1.	Введение Радиоактивность.	Краткая история развития учения о радиоактивности Предмет и задачи радиохимии. Строение и свойства атомных ядер. Изотопы. Карта нуклидов. Естественные и искусственные радиоактивные элементы. Радиоактивный распад. Типы радиоактивного распада. Законы сохранения и радиоактивный распад. Дефект массы. Ядерные реакции. Условия протекания самопроизвольных ядерных реакций Энергетический эффект реакции. Типы ядерных реакций Сечение ядерной реакции. Механизмы ядерных реакций. Составное ядро. Прямые реакции. Деление ядер.	52
2.	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	Классификация ионизирующего излучения. Альфа-частицы. Бета-частицы Гамма-кванты. Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар. Взаимодействие альфа-частц. Взаимодействие бетта-частц. Тормозное излучение. Черенковское излучение Ядерный фотоэффект. Эффект Мёссбауэра или ядерный гамма-резонанс. Химические эффекты ионизирующих излучений. Применение неспецифических неизотопных носителей в радиохимии	42,2
3	Методы радиометрических измерений	Ионизационные методы. Ионизационные камеры. Принцип действия и устройство. Импульсные и интегрирующие ионизационные камеры. Камеры для альфа-, бета-, гамма-излучений, для измерения нейтронов. Их особенности и применение. Счетчики. Классификация счетчиков по назначению и механизму разряда. Конструкции счетчиков: торцовые, цилиндрические, металлические и стеклянные. Рабочая характеристика счетчика. Пропорциональные счетчики. Счетчики с самостоятельным разрядом (счетчики Гейгера). Несамогасящиеся счетчики, наполнение, механизм распространения разряда и гашение, мертвое время счетчика. Самогасящиеся счетчики, наполнение, механизм распространения разряда и гашения, срок службы. Галогенные счетчики. Полупроводниковые счетчики. Метод сцинтилляций. Сущность метода. Сцинтилляционный датчик с применением фотоэлектронного умножителя. Сцинтилляторы для регистрации α -, β -, γ -излучений, нейтронов. Сущность метода радиографии.	48
4	Химия естественных и искусственных радиоактивных элементов	Особенности поведения ультрамикрочастиц радиоактивных элементов. Валентные состояния, реакции, соединения. Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний, радий, франций, радон, полоний (элементы радиоактивных семейств). Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансураниевые элементы. Сверхтяжелые элементы (СТЭ, $Z \geq 104$). Синтез и свойства. Методы исследования. Химия СТЭ. Идентификация. Методы радиохимии. Абсорбция. Осаждение. Экстракция.. Хроматография. Дистилляция Электрохимические методы. Методы, основанные на эффекте отдачи ядра.. Радионуклидная, радиохимическая и химическая характеристика препаратов	58
5	Применение явления радиоактивности	Получение новых элементов. Современная Таблица элементов Д.И.Менделеева. СТЭ и дальний остров стабильности. Исследование свойств атомных ядер. Ядерная спектроскопия. Ядерная энергия. Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ). Ядерная медицина. РН для диагностики и терапии. Применение радиометрических методов для анализа руд, концентратов, солей.	49,15

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	Практические занятия	СР, час
1.	Радиоактивность. Ядерные реакции	12	4	10	26
2.	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	8	4	4	26,2
3.	Методы радиометрических измерений	16	10	4	18
4.	Химия естественных и искусственных радиоактивных элементов	10		20	28
5	Применение явления радиоактивности	5		10	34,15

5.3.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.	Радиоактивность. Ядерные реакции	Краткая история развития учения о радиоактивности	2
		Предмет и задачи радиохимии. Строение и свойства атомных ядер.	2
		Изотопы. Карта нуклидов. Естественные и искусственные радиоактивные элементы.	2
		Радиоактивный распад. Типы радиоактивного распада. Законы сохранения и радиоактивный распад. Дефект массы.	2
		Ядерные реакции. Условия протекания самопроизвольных ядерных реакций	2
		Энергетический эффект реакции.	2
		Типы ядерных реакций Сечение ядерной реакции. Механизмы ядерных реакций. Составное ядро. Прямые реакции. Деление ядер.	2
2.	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	Классификация ионизирующего излучения: корпускулярное и электромагнитное, непосредственное и косвенное, упругое и неупругое. Классификация ионизирующего излучения в зависимости от массы и заряда.	2
		α -частицы. β -частицы. γ -кванты. Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар.	2
		Взаимодействие альфа-частц. Взаимодействие бетта-частц. Тормозное излучение. Черенковское	2

		излучение Ядерный фотоэффект. Эффект Мёссбауэра или ядерный гамма-резонанс. Химические эффекты ионизирующих излучений. Применение неспецифических неизотопных носителей в радиохимии	2
3.	Методы радиометрических измерений	<p>Ионизационные методы. Ионизационные камеры. Принцип действия и устройство. Импульсные и интегрирующие ионизационные камеры. Камеры для альфа-, бета-, гамма-излучений, для измерения нейтронов. Их особенности и применение.</p> <p>Счетчики. Классификация счетчиков по назначению и механизму разряда. Конструкции счетчиков: торцовые, цилиндрические, металлические и стеклянные. Рабочая характеристика счетчика.</p> <p>Пропорциональные счетчики. Счетчики с самостоятельным разрядом (счетчики Гейгера). Несамогасящиеся счетчики, наполнение, механизм распространения разряда и гашение, мертвое время счетчика. Самогасящиеся счетчики, наполнение, механизм распространения разряда и гашения, срок службы. Галогенные счетчики. Полупроводниковые счетчики. Метод сцинтилляций. Сущность метода. Сцинтилляционный датчик с применением фотоэлектронного умножителя. Сцинтилляторы для регистрации α-, β-, γ-излучений, нейтронов. Сущность метода радиографии.</p> <p>Методы радиохимии. Абсорбция. Осаждение. Экстракция. Хроматография. Дистилляция. Электрохимические методы. Методы, основанные на эффекте отдачи ядра. Радионуклидная, радиохимическая и химическая характеристика препаратов</p>	2 2 2 2 2 2 2
4	Химия естественных и искусственных радиоактивных элементов	<p>Особенности поведения ультрамикро-количеств радиоактивных элементов. Валентные состояния, реакции, соединения.</p> <p>Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний, радий, франций, радон, полоний (элементы радиоактивных семейств)</p> <p>Добыча и обогащение урана.</p> <p>Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансурановые элементы.</p> <p>Сверхтяжелые элементы (СТЭ, $Z \geq 104$). Синтез и свойства. Методы исследования. Химия СТЭ. Идентификация.</p>	2 2 2 2 2
5	Применение явления радиоактивности	<p>Получение новых элементов. Современная Таблица элементов Д.И.Менделеева. СТЭ и дальний остров стабильности. Исследование свойств атомных ядер. Ядерная спектроскопия. Ядерная энергия. Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ). Ядерная медицина. РН для диагностики и терапии.</p>	2 3

		Применение радиометрических методов для анализа руд, концентратов, солей.	
--	--	---	--

5.2.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, час
1	Радиоактивность. Ядерные реакции.	Строение и свойства атомных ядер. Карта нуклидов.	4
		Естественные и искусственные радиоактивные элементы.	4
		Радиоактивный распад. Типы радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада. Ядерные реакции.	2
2	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	Альфа-частицы. Бета-частицы Гамма-кванты. Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар.	4
3	Методы радиометрических измерений	Теоретические основы метода осаждения. Теоретические основы метода экстракции. Теоретические основы метода хроматографии.	4
4	Химия естественных и искусственных радиоактивных элементов	Валентные состояния, реакции, соединения.	4
		Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний, радий, франций, радон, полоний (элементы радиоактивных семейств).	4
		Химия урана: переход урана в различные степени окисления.	4
		Добыча и обогащение урана	4
		Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансурановые элементы. Сверхтяжелые элементы (СТЭ, $Z \geq 104$).	4
5	Применение явления радиоактивности	Ядерная энергия. Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ).	4
		Ядерная медицина.	4
		РН для диагностики и терапии. Определение коэффициента счета	2

5.2.3 Лабораторные работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика	Трудоемкость, час
1	Радиоактивность. Ядерные реакции.	Техника работы и техника безопасности при работе с радиоактивными веществами и препаратами. Ознакомление с радиометрическими установками	4

		Активационный анализ. Принципы и современные методики.	
2	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	Выделение Ux_1 из нитрата уранила методом экстракции и определение периода его полураспада	4
3	Методы радиометрических измерений	Радиометрические измерения препаратов счетчиками Гейгера методы регистрации ионизирующих излучений Определение рабочего напряжения сцинтилляционной приставки Вторичные приборы, работающие с импульсными ионизационными камерами, счетчиками и сцинтилляционными датчиками Электрохимические методы выделения и разделения радионуклидов.	4 2 4

5.2.3 Самостоятельная работа (СР)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Радиоактивность. Ядерные реакции.	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Задача (лекции, учебник, практические занятия) Кейс-задача (лекции, учебник, практические занятия)	14 4 4 4
2	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Задача (лекции, учебник, практические занятия)	14,2 8 4
3	Методы радиометрических измерений	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия)	14 4
4	Химия естественных и искусственных радиоактивных элементов	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия)	24 4
5	Применение явления радиоактивности	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник,	26,15

	лабораторные работы, практические занятия	4
	Кейс-задача (лекции, учебник, практические занятия)	4

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Бекман, И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия [Текст] : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2018. - 409 с.
2. Климанов, В.А. Радиационная дозиметрия : монография / В.А. Климанов, Е.А. Крамер-Агеев, В.В. Смирнов ; под редакцией В.А. Климанова. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. — 648 с. — ISBN 978-5-7262-2038-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103217>

6.2 Дополнительная литература:

1. Гергалов В.И. Радиохимия: учебно-методич пособие, в 2 ч. / В. И. Гергалов. —Минск: Изд-во БГУ, 2015. — 119 с.:
2. Основы радиохимии и радиоэкологии. Практикум : учебное пособие / Под редакцией М.И. Афанасова — Москва: ЗАО «ПРИНТ-АТЕЛЬЕ», 2016. — 113 с.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Учебно-методический комплекс модуля дисциплины, размещенный в электронно-образовательной среде ВГУИТ <http://www.education.vsu.ru/course/view.php?id=619>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала, излагаемого на лекциях, выполнения лабораторных работ. Самостоятельная работа студентов в части выполнения домашнего задания предполагает работу с отечественной и зарубежной литературой, учебниками и конспектами лекций по заданной тематике. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/course/view.php?id=859>

2. Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. – 32 с.

Режим доступа в электронной среде: <http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>.

2. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Радиохимия» [Электронный ресурс] : для обучающихся по специальности 18.05.02 / С. И. Нифталиев, К.Б. Ким; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2019. - 33 с. - Электрон. ресурс. <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/5052>

6.6 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Тестовые задания в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsuet.ru/>

2. Использование системы «Диагностическое тестирование»; «Интернет-тренажеры» в режимах: обучение, самоконтроль с ключом доступа к системе «Интернет-тренажеры» дисциплин ВО; контроль преподавателя по дидактическим единицам дисциплины на сайте Интернет-тестирование в сфере образования <http://www.i-exam.ru/>

3. Информационная справочная система. Портал фундаментального химического образования ChemNet. Химическая информационная сеть: Наука, образование, технологии <http://www.chemnet.ru>

4. Информационная справочная система. Сайт о химии. Неорганическая химия. <http://www.xumuk.ru/nekrasov>

Перечень лицензионного программного обеспечения:

MicrosoftOffice 2007 Standart

MicrosoftOffice 2007 Professional

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лекционная аудитория № 37, № 020 кафедры неорганической химии и химической технологии, оснащенная мультимедийной техникой: мультимедийный проектор Ben Q MW 519; сетевой коммутатор для подключения к компьютерной сети (Интернет);

2. Аудитории № 029, 027, 022, 016, 025 кафедры неорганической химии и химической технологии с необходимым оборудованием для проведения лабораторных работ:

- рН-метр РНер-4,
- электролизер,
- гальванометр, источник питания постоянного тока Б5.30/3, электроды,
- дифференциальный теплопроводящий микрокалориметр МИД - 200,
- аналитические весы ВЛР – 200,
- технические весы NKS – 1008,
 - наборы химической посуды и реактивов для выполнения лабораторного практикума,
 - печь муфельная ЭКПС 10,
 - термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80,
 - шкаф сушильный ШС-80-01,

- наборы для демонстрационных опытов: гальванический элемент, химическое равновесие, электролиты и др.

3. Таблицы:

3.1. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

3.2. Электроотрицательность элементов

3.3. Таблица растворимости кислот, оснований, солей

3.4. Стандартные электродные потенциалы металлов

3.5. Плакаты по свойствам атомов химических элементов.

4. Модели пространственного строения молекул и кристаллических решеток.

5. Демонстрационные опыты на лекциях по каждой теме.

6. Коллекция природных минералов, образцов простых и сложных веществ по каждой группе периодической системы химических элементов.

7. Аппаратура, применяемая для НИРС:- криоскоп Testo 735-2, потенциостатический комплекс IPC – Compact, аналитические весы WA 34 TYP PRLT A-14, термоанализатор STA 409 LUXX фирмы NETZSCH, семисекционная электродиализная ячейка с платиновым анодом и катодом, мульти-сенсорная пьезокварцевая ячейка детектирования.

8. Центр коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов», оснащенные специализированной мебелью для занятий, химической посудой; весами техническими – WS-23.; весами аналитическими ВЛР-200,WA-34; иономером U-130; термостатом U-8; термометром Testo; рН-метром РНер-4; Колориметром КФК-2, КФК-2МП; микрокалориметром МИД-200; вольтметрами цифровыми – Щ68003; рН-метрами 121, 340; шкафом сушильным 2В-151; аквадистиллятором ДЭ-15; прибором синхронного термического анализа STA.

9. Аудитория № 39 кафедры неорганической химии и химической технологии для самостоятельной работы, оснащенная комплектами мебели для учебного процесса, компьютерами со свободным доступом в Интернет.Оборудование

8.Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1 **Оценочные материалы** (ОМ) для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине (модулю) определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ 2.4.17 «Положение об оценочных материалах».

АННОТАЦИЯ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
ДИСЦИПЛИНЫ
«Радиохимия»
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Содержание разделов дисциплины. Предмет и задачи радиохимии. Строение и свойства атомных ядер. Изотопы. Карта нуклидов. Естественные и искусственные радиоактивные элементы.

Радиоактивный распад. Ядерные реакции. Типы ядерных реакций Сечение ядерной реакции. Механизмы ядерных реакций. Составное ядро. Прямые реакции. Деление ядер.

Классификация ионизирующего излучения. Альфа-частицы. Бета-частицы Гамма-кванты. Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар. Тормозное излучение. Черенковское излучение Ядерный фотоэффект. Эффект Мёссбауэра или ядерный гамма-резонанс.

Химические эффекты ионизирующих излучений. Применение неспецифических неизотопных носителей в радиохимии

Ионизационные методы. Ионизационные камеры. Импульсные и интегрирующие ионизационные камеры. Камеры для альфа-, бета-, гамма-излучений, для измерения нейтронов. Счетчики. Классификация счетчиков. Конструкции счетчиков. Рабочая характеристика счетчика.

Пропорциональные счетчики. Счетчики с самостоятельным разрядом (счетчики Гейгера). Несамогасящиеся счетчики. Самогасящиеся счетчики. Галогенные счетчики. Полупроводниковые счетчики. Метод сцинтилляций. Сущность метода радиографии.

Методы радиохимии. Осаждение. Экстракция. Хроматография. Дистилляция. Электрохимические методы. Особенности поведения ультрамикроколичеств радиоактивных элементов. Валентные состояния, реакции, соединения.

Естественные радиоактивные элементы. Добыча и обогащение урана. Искусственные радиоактивные элементы. Сверхтяжелые элементы (СТЭ, $Z \geq 104$). Синтез и свойства. Методы исследования. Химия СТЭ. Идентификация.

Получение новых элементов. Современная Таблица элементов Д.И.Менделеева. СТЭ и дальний остров стабильности. Исследование свойств атомных ядер. Ядерная спектроскопия.

Ядерная энергия. Цепная реакция деления урана. Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ). Ядерная медицина. РН для диагностики и терапии. Применение радиометрических методов для анализа руд, концентратов, солей.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Радиохимия

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования образовательной программы

1. образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 _{ОПК-1} – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Знает: основные понятия и определения радиохимии; законы радиоактивного распада; радиоактивные семейства урана, актиноурана и тория; классификацию методов выделения и разделения
	Умеет: определять экспериментально или путем расчета характеристики полей излучений; применять радиометрические методы для анализа руд, концентратов, солей
	Владеет: радиометрическими методами для анализа руд, концентратов, солей, выполнять радиохимические операции для активационного анализа

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1.	Введение Радиоактивность.	ОПК-1	<i>Собеседование</i>	1-8	Проверка преподавателем
			<i>Тест</i>	32-39	Бланочное тестирование
			<i>Задача</i>	61-69	Проверка преподавателем
			<i>Кейс-задача</i>	72-73	Проверка преподавателем
2.	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	ОПК-1	<i>Собеседование</i>	9-12	Проверка преподавателем
			<i>Тест</i>	40-47	Бланочное тестирование
			<i>Задача</i>	70-71	Проверка преподавателем
3.	Методы радиометрических измерений	ОПК-1	<i>Собеседование</i>	13-18	Проверка преподавателем
			<i>Тест</i>	48-49	Бланочное тестирование
4.	Химия естественных и искусственных радиоактивных элементов	ОПК-1	<i>Собеседование</i>	19-26	Проверка преподавателем
			<i>Тест</i>	50-53	Бланочное тестирование
5.	Применение явления радиоактивности	ОПК-1	<i>Собеседование</i>	27-31	Проверка преподавателем
			<i>Тест</i>	54-60	Бланочное тестирование
			<i>Кейс-задача</i>	74-76	Проверка преподавателем

3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Аттестация обучающегося по дисциплине в 6 семестре проводится в форме тестирования, защиты лабораторных работ и решения задач и кейс-задач и предусматривает возможность последующего собеседования (экзамена).

Каждый билет включает контрольные задания, из них:

- 1 вопрос к собеседованию на проверку знаний
- 10 тестовых вопросов на проверку умений;
- 1 кейс-задачу на проверку навыков.

Аттестация обучающегося по дисциплине в 7 семестре проводится в форме тестирования и решения кейс-задач и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета).

Каждый билет включает контрольные задания, из них:

- 1 вопрос к собеседованию на проверку знаний
- 6 тестовых вопросов на проверку умений;
- 1 кейс-задание на проверку навыков.

3.1 Вопросы к собеседованию (экзамен)

ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

Вопросы	
1	Краткая история развития учения о радиоактивности
2	Строение и свойства атомных ядер. Изотопы.
3	Карта нуклидов. Естественные и искусственные радиоактивные элементы.
4	Радиоактивный распад. Типы радиоактивного распада. Законы сохранения и радиоактивный распад. Дефект массы.
5	Ядерные реакции. Условия протекания. Энергетический эффект реакции.
6	Типы ядерных реакций Сечение ядерной реакции.
7	Механизмы ядерных реакций. Составное ядро. Прямые реакции. Деление ядер.
8	Типы радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада.
9	Классификация ионизирующего излучения. Альфа-частицы. Бета-частицы Гамма-кванты.
10	Фотоэффект, эффект Комптона, образование позитрон-электронных пар.
11	Тормозное излучение. Черенковское излучение Ядерный фотоэффект. Эффект Мёссбауэра или ядерный гамма-резонанс.
12	Химические эффекты ионизирующих излучений. Применение неспецифических неизотопных носителей в радиохимии
13	Ионизационные методы. Ионизационные камеры. Принцип действия и устройство.
14	Импульсные и интегрирующие ионизационные камеры. Камеры для альфа-, бета-, гамма-излучений, для измерения нейтронов. Их особенности и применение.
15	Счетчики. Классификация счетчиков по назначению и механизму разряда. Конструкции счетчиков: торцовые, цилиндрические, металлические и стеклянные. Рабочая характеристика счетчика.
16	Несамогасящиеся счетчики, наполнение, механизм распространения разряда и гашение, мертвое время счетчика.
17	Самогасящиеся счетчики, наполнение, механизм распространения разряда и гашения, срок службы.
18	Сцинтилляторы для регистрации α -, β -, γ -излучений, нейтронов
19	Естественные радиоактивные элементы: уран, протактиний, торий, актиний, радий, франций, радон, полоний (элементы радиоактивных семейств).
20	Искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, астат, трансурановые элементы.
21	Сверхтяжелые элементы (СТЭ, $Z \geq 104$). Синтез и свойства. Методы исследования. Химия

	СТЭ.
22	Идентификация. Методы радиохимии. Осаждение..
23	Электрохимические методы. Методы, основанные на эффекте отдачи ядра.
24	Экстракция в радиохимии
25	Хроматография в радиохимии
26	Дистилляция в радиохимии
27	Получение новых элементов
28	Ядерная спектроскопия. Ядерная энергия. Цепная реакция деления урана..
29	Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ).
30	Ядерная медицина. РН для диагностики и терапии.
31	Применение радиометрических методов для анализа руд, концентратов, солей. .

3.2. Тестовые задания (защита лабораторных работ)

ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

Вопросы															
32	Для нейтроноизбыточных ядер характерен 1) β^- - распад 2) β^+ - распад 3) Электронный захват														
33	Установите соответствие между видом распада и типом излучения <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Вид распада</th> <th>Смещение в результате распада</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Электронный распад</td> <td>Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к концу ПС</td> </tr> <tr> <td>Позитронный распад</td> <td>Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к началу ПС</td> </tr> <tr> <td>Электронный захват</td> <td>Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к началу ПС</td> </tr> <tr> <td>Спонтанное деление</td> <td>Два дочерних ядра смещены к началу ПС</td> </tr> </tbody> </table>	Вид распада	Смещение в результате распада	Электронный распад	Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к концу ПС	Позитронный распад	Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к началу ПС	Электронный захват	Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к началу ПС	Спонтанное деление	Два дочерних ядра смещены к началу ПС				
Вид распада	Смещение в результате распада														
Электронный распад	Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к концу ПС														
Позитронный распад	Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к началу ПС														
Электронный захват	Дочернее ядро смещено от материнского на одну клетку к началу ПС														
Спонтанное деление	Два дочерних ядра смещены к началу ПС														
34	Установите соответствие между видом и типом излучения <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Вид излучения</th> <th>Тип излучения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α-частицы</td> <td>корпускулярное</td> </tr> <tr> <td>β-частицы</td> <td>корпускулярное</td> </tr> <tr> <td>нейтроны</td> <td>корпускулярное</td> </tr> <tr> <td>протоны</td> <td>корпускулярное</td> </tr> <tr> <td>рентгеновское излучение</td> <td>электромагнитное</td> </tr> <tr> <td>γ-излучение</td> <td>электромагнитное</td> </tr> </tbody> </table>	Вид излучения	Тип излучения	α -частицы	корпускулярное	β -частицы	корпускулярное	нейтроны	корпускулярное	протоны	корпускулярное	рентгеновское излучение	электромагнитное	γ -излучение	электромагнитное
Вид излучения	Тип излучения														
α -частицы	корпускулярное														
β -частицы	корпускулярное														
нейтроны	корпускулярное														
протоны	корпускулярное														
рентгеновское излучение	электромагнитное														
γ -излучение	электромагнитное														
35	Установите соответствие между видом и типом излучения <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Вид излучения</th> <th>Тип излучения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α-частицы</td> <td>Непосредственное ионизирующее излучение</td> </tr> <tr> <td>β-частицы</td> <td>Непосредственное ионизирующее излучение</td> </tr> <tr> <td>нейтроны</td> <td>Косвенное ионизирующее излучение</td> </tr> <tr> <td>протоны</td> <td>Непосредственное ионизирующее излучение</td> </tr> <tr> <td>рентгеновское излучение</td> <td>Косвенное ионизирующее излучение</td> </tr> <tr> <td>γ-излучение</td> <td>Косвенное ионизирующее излучение</td> </tr> </tbody> </table>	Вид излучения	Тип излучения	α -частицы	Непосредственное ионизирующее излучение	β -частицы	Непосредственное ионизирующее излучение	нейтроны	Косвенное ионизирующее излучение	протоны	Непосредственное ионизирующее излучение	рентгеновское излучение	Косвенное ионизирующее излучение	γ -излучение	Косвенное ионизирующее излучение
Вид излучения	Тип излучения														
α -частицы	Непосредственное ионизирующее излучение														
β -частицы	Непосредственное ионизирующее излучение														
нейтроны	Косвенное ионизирующее излучение														
протоны	Непосредственное ионизирующее излучение														
рентгеновское излучение	Косвенное ионизирующее излучение														
γ -излучение	Косвенное ионизирующее излучение														
36	Данное изображение соответствует <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center;">Материнский радионуклид</p> <hr style="width: 80%; margin: 5px auto;"/> <p style="text-align: center;">↓</p> <hr style="width: 80%; margin: 5px auto;"/> <p style="text-align: center;">Дочерний радионуклид</p> </div> <div> <ol style="list-style-type: none"> 1) β^--Распаду 2) β^+-распаду 3) α-распаду 4) γ-распаду </div> </div>														

37	<p>Данное изображение соответствует</p>  <p>1) β^--Распаду 2) β^+-распаду 3) α-распаду 4) γ-распаду</p>																
38	<p>Установите соответствие между типом ядерной реакции и его описанием.</p> <table border="1" data-bbox="363 555 1385 801"> <thead> <tr> <th>Тип ядерной реакции</th> <th>Описание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Деления</td> <td>Г) большое тяжелое ядро может разделиться на два осколка</td> </tr> <tr> <td>2) Синтеза</td> <td>А) два легких ядра сливаются в более тяжелое</td> </tr> <tr> <td>3) Фотоядерный</td> <td>Б) реакции под действием гамма-квантов, электромагнитного излучения</td> </tr> <tr> <td>4) Захвата нейтронов</td> <td>В) частицы с любой энергией могут захватываться ядрами</td> </tr> </tbody> </table>	Тип ядерной реакции	Описание	1) Деления	Г) большое тяжелое ядро может разделиться на два осколка	2) Синтеза	А) два легких ядра сливаются в более тяжелое	3) Фотоядерный	Б) реакции под действием гамма-квантов, электромагнитного излучения	4) Захвата нейтронов	В) частицы с любой энергией могут захватываться ядрами						
Тип ядерной реакции	Описание																
1) Деления	Г) большое тяжелое ядро может разделиться на два осколка																
2) Синтеза	А) два легких ядра сливаются в более тяжелое																
3) Фотоядерный	Б) реакции под действием гамма-квантов, электромагнитного излучения																
4) Захвата нейтронов	В) частицы с любой энергией могут захватываться ядрами																
39	<p>Какая характеристика помогает оценить скорость ядерной реакции</p> <ol style="list-style-type: none"> Размер взаимодействующих частиц Радиоактивность Энергия Сечение ядерной реакции 																
40	<p>Альфа-частица это</p> <ol style="list-style-type: none"> атом гелия <u>ядро атома гелия</u> изотоп атома водорода квант электромагнитного излучения 																
41	<p>Фотоэффект – это взаимодействие с веществом излучения, состоящего из</p> <ol style="list-style-type: none"> <u>фотонов</u> α-частиц β-частиц 																
42	<p>Оже-электроны образуются в результате</p> <ol style="list-style-type: none"> фотоэффекта; комптоновского рассеяния; образование электрон-позитронных пар; фотоядерные реакции 																
43	<p>Полная передача энергии (без потерь) гамма-кванта характерна для</p> <ol style="list-style-type: none"> фотоэффекта; комптоновского рассеяния; образование электрон-позитронных пар; фотоядерные реакции 																
44	<p>Установите соответствие между результатом взаимодействия и взаимодействующей частицы</p> <table border="1" data-bbox="371 1753 1265 2011"> <thead> <tr> <th>Результат взаимодействия</th> <th>Взаимодействующая частица</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Фотоэффект</td> <td>б А) α-частица</td> </tr> <tr> <td>2) Комптоновское рассеяние</td> <td>б Б) γ-квант</td> </tr> <tr> <td>3) Ионизация</td> <td>а В) β-частица</td> </tr> <tr> <td>4) Тормозное излучение</td> <td>в</td> </tr> <tr> <td>5) Эффект Мёссбауэра</td> <td>б</td> </tr> <tr> <td>6) Ядерный фотоэффект</td> <td>б</td> </tr> <tr> <td>7) Черенковское излучение</td> <td>в</td> </tr> </tbody> </table>	Результат взаимодействия	Взаимодействующая частица	1) Фотоэффект	б А) α -частица	2) Комптоновское рассеяние	б Б) γ -квант	3) Ионизация	а В) β -частица	4) Тормозное излучение	в	5) Эффект Мёссбауэра	б	6) Ядерный фотоэффект	б	7) Черенковское излучение	в
Результат взаимодействия	Взаимодействующая частица																
1) Фотоэффект	б А) α -частица																
2) Комптоновское рассеяние	б Б) γ -квант																
3) Ионизация	а В) β -частица																
4) Тормозное излучение	в																
5) Эффект Мёссбауэра	б																
6) Ядерный фотоэффект	б																
7) Черенковское излучение	в																

58	Установите соответствие между аппаратами в методе подземного выщелачивания и добавленными реагентами на этой стадии		
		Аппарат	Добавленный реагент
	1	Скважины а	А Серная кислота
	2	Колонны сорбции г	Б Азотная кислота
	3	Колонны десорбции б	В Карбонат аммония
	4	Реактор с мешалкой в	Г Ионообменная смола
	5	Сгуститель д	Д Реагент не добавляется
	6	Пресс-фильтр д	
	7	Бункер д	
8	Пескоотстойник д		
59	Установите соответствие между аппаратами в методе подземного выщелачивания и продуктом, образующимся на этой стадии		
		Аппарат	Продукт
	1	Скважины г	А $(R_4N)_2[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$
	2	Колонны сорбции а	Б UF_4
	3	Колонны десорбции д	В $(NH_4)_2U_2O_7$
	4	Реактор с мешалкой в	Г UO_2SO_4
	5	Сгуститель в	Д $UO_2(NO_3)_2$
	6	Пресс-фильтр в	
	7	Бункер в	
8	Пескоотстойник г		
60	Из чего делают таблетки для стержней ТВЭЛ 1) UF_6 2) UO_2 3) UO_2F_2 4) $(NH_4)_2U_2O_7$		

3.3. Задачи (практические занятия, зачет)

ОПК-1 - способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности

Номер задания	Текст задания
61	<p>Вычислить энергию связи ядра ${}_6^{12}C$.</p> <p>Решение. В формуле $E_{св} = (Zm_H + Nm_n) - M_{ат}$ имеем $Zm_H = 6 \cdot 1,007825 \text{ а.е.м.} = 6,046950 \text{ а.е.м.},$ $Nm_n = 6 \cdot 1,008665 \text{ а.е.м.} = 6,061990 \text{ а.е.м.}$ Масса атома ${}_6^{12}C$ равна $12,000000 \text{ а.е.м.}$ Отсюда $E_{св} = (6,046950 \text{ а.е.м.} + 6,061990 \text{ а.е.м.}) - 12,000000 = +0,10894 \text{ а.е.м.}$ В энергетических единицах эта величина равна $0,10894 \cdot 931,5 \text{ МэВ} = 101,48 \text{ МэВ}.$</p>
62	<p>Вычислить энергию отрыва, которую необходимо затратить для удаления из ядра ${}_{15}^{31}P$ одного протона. Иначе говоря, требуется оценить величину энергии, которую необходимо затратить для удаления из ядра наименее связанного протона.</p> <p>Решение. В случае отрыва одного протона из атома фосфора образуется ядро ${}_{14}^{30}Si$:</p> ${}_{15}^{31}P \longrightarrow {}_{14}^{30}Si + {}_1^1p.$ <p>В соответствии с законом сохранения, энергия отрыва (в единицах массы) равна сумме масс атомов ${}_{14}^{30}Si$ и ${}_1^1H$ без массы атома ${}_{15}^{31}P$: масса атома ${}_{14}^{30}Si = 29,973761 \text{ а.е.м.}; m_H = 1,007825 \text{ а.е.м.}$</p>

	<p>Суммарное значение массы равно 30,981586 а.е.м. Масса атома $^{31}_{15}\text{P} = 30,973763$ а.е.м. Искомое значение энергии: $E_{отр} = 30,981586$ а.е.м. – $30,973763$ а.е.м. = $0,007823$ а.е.м. В единицах энергии для энергии отрыва получим значение $E_{отр} = 0,007823$ а.е.м. · $931,5 = 7,28$ МэВ. Аналогичный прием используется для оценки энергии, необходимой для удаления из ядра нейтронов. В последнем примере нужно было бы рассматривать реакцию</p> $^{31}_{15}\text{P} \longrightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}.$
63	<p>Оценить возможность α-распада для ядер $^{140}_{58}\text{Ce}$ и $^{142}_{58}\text{Ce}$</p> <p>Решение. В случае α-распада указанных изотопов должны иметь место следующие реакции:</p> $^{140}_{58}\text{Ce} = ^{136}_{56}\text{Ba} + ^4_2\text{He} \text{ и } ^{142}_{58}\text{Ce} = ^{138}_{56}\text{Ba} + ^4_2\text{He}.$ <p>Воспользовавшись таблицей массовых чисел, находим: масса атомов $(^{136}_{56}\text{Ba} + ^4_2\text{He}) = 135,904360 + 4,002603 = 139,906903$ а.е.м. Масса атома $^{140}_{58}\text{Ce} = 139,905280$ а.е.м. Поскольку это меньше суммы масс предполагаемых продуктов, самопроизвольная реакция невозможна. Для второго случая: масса атомов $(^{138}_{56}\text{Ba} + ^4_2\text{He}) = 137,905010 + 4,002603 = 141,907613$ а.е.м. Масса атома $^{142}_{58}\text{Ce} = 141,909040$ а.е.м. Это превышает сумму масс предполагаемых продуктов, самопроизвольная реакция возможна. Действительно, изотоп ^{142}Ce проявляет слабую α-активность. Период полураспада $5 \cdot 10^{15}$ лет.</p>
64	<p>Оценить возможность β^+-распада для ядер $^{64}_{29}\text{Cu}$</p> <p>Решение. В случае β^+-распада изотопа $^{64}_{29}\text{Cu}$ должна протекать реакция</p> $^{64}_{29}\text{Cu} \rightarrow ^{64}_{28}\text{Ni} + ^0_1\beta + \nu.$ <p>Из таблицы массовых чисел находим: масса изотопа $^{64}_{29}\text{Cu} = 63,929761$ а.е.м., масса изотопа $^{64}_{28}\text{Ni} = 63,927959$ а.е.м., $m_e = 5,4858 \times 10^{-4}$ а.е.м. Для осуществления позитронного распада необходимо, чтобы масса родительского ядра была больше суммы масс дочернего ядра и двух электронов: $M(Z, A) > M(Z_1, A) + 2m_e$. Поскольку $63,929761$ а.е.м. $> (63,927959 + 2 \cdot 5,4858 \cdot 10^{-4})$ а.е.м., позитронный распад возможен.</p>
65	<p>Вычислить энергию реакции $^{14}_7\text{N}(\text{p}, \text{n})^{14}_8\text{O}$</p>

	<p>Решение. Энергия ядерной реакции $Q = 931,5(\Sigma M_i - \Sigma M_k)$ МэВ, где ΣM_i – сумма масс частиц, вступающих в ядерную реакцию; ΣM_k – сумма масс образующихся частиц (выраженных в а.е.м.).</p> $Q = 931,5(14,003242 + 1,007825 - 14,008597 - 1,008665) \text{ МэВ} = -5,77 \text{ МэВ.}$ <p>В данном случае минимальная энергия протона должна равняться</p> $E_{\text{пор}} = 5,77 \left(1 + \frac{1}{14} \right) \approx 6,18 \text{ МэВ,}$ <p>из которых $6,18 - 5,77 = 0,41$ МэВ переходит в энергию отдачи ядра.</p>
66	<p>Изотоп ^{24}Na имеет период полураспада $T_{1/2} = 14,959$ ч. Вычислить количество атомов, распавшихся в 1 мг данного препарата за 1ч; за 0,01 с.</p> <p>Решение. Как известно, число распавшихся атомов убывает со временем по закону</p> $N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (1)$ <p>где N_0 – число радиоактивных атомов к моменту начала отсчета; N – число нераспавшихся радиоактивных атомов через t секунд с момента начала отсчета; λ – постоянная радиоактивного распада.</p> <p>Найдем число распавшихся атомов:</p> $\Delta N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t}). \quad (2)$ <p>Полученные выражения позволяют провести непосредственные расчеты при условии, что время наблюдения выражено в секундах. В ряде случаев удобно использовать преобразованные выражения.</p> <p>Выразив λ через период полураспада $T_{1/2}$, преобразуем выражение $e^{-\lambda t}$:</p> $e^{-\lambda t} = e^{-\ln 2 t / T} = (e^{\ln 2})^{-t/T} = 2^{-t/T}. \quad (3)$ <p>Соответственно</p> $\Delta N = N_0(1 - 2^{-t/T}). \quad (4)$ <p>Согласно условию задачи, N_0 – число атомов в 1 мг ^{24}Na:</p> $N_0 = \frac{0,001 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{24} = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ атомов.}$ <p>Число атомов, распавшихся за 1 ч, равно:</p> $\Delta N = 2,5 \cdot 10^{19} (1 - 2^{-(1/14,959)}) = 2,5 \cdot 10^{19} (1 - 0,9547) = 1,13 \cdot 10^{18} \text{ атомов.}$ <p>Если произведение $\lambda \Delta t \ll 1$, то вместо формулы (4) можно воспользоваться соотношением</p> $\Delta N = N_0 \lambda \Delta t. \quad (5)$ <p>Заменив в формуле (5) λ через $\ln 2 / T$ и выразив T в секундах, получим</p> $\Delta N = 2,5 \cdot 10^{19} \frac{0,693 \cdot 0,01}{14,959 \cdot 3600} = 3,22 \cdot 10^{12} \text{ атомов.}$
67	<p>Определить энергию распада ^{222}Rn, энергию ядра отдачи и энергию, уносимую α-частицей</p>

	<p>Решение.</p> $^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{218}\text{Po} + ^4\text{He}.$ $E_{\text{я.п}} = [222,0175777 - (218,0089730 + 4,00260326)] \cdot 931,5 = 5,5903 \text{ МэВ},$ $E_{\text{Po}} = 5,5903(4/222) = 0,1007 \text{ МэВ},$ $E_{\alpha} = 5,5903(218/222) = 5,4896 \text{ МэВ}.$
68	<p>Задача 1.5. Ядра ^{80}Br могут превращаться в ^{80}Se посредством испускания β^+-частиц, а также в реакциях электронного захвата, в результате которых испускаются γ-кванты с энергией 666 кэВ. Определить энергию моноэнергетических нейтрино, испускаемых после захвата электронов ядрами ^{80}Br, и максимальную энергию позитронов. Массы атомов ^{80}Br и ^{80}Se равны 79,91852827 и 79,91652043 а.е.м. соответственно.</p> <p>Решение</p> $E_{\text{э.з}} = \Delta m \cdot 931,5 = (79,91852827 - 79,91652043) \cdot 931,5 = 1,871 \text{ МэВ},$ $E_{\nu} = 1,871 - 0,666 = 1,205 \text{ МэВ},$ $E_{\beta_{\text{max}}} = 1,871 - 1,022 = 0,849 \text{ МэВ}.$
69	<p>Сравните энергию α-частиц, образующихся при распаде короткоживущего изотопа ^{251}Lr и долгоживущего изотопа ^{148}Sm</p> <p>Решение. Записываем реакции α-распада рассматриваемых изотопов:</p> $^{251}\text{Lr} = ^{247}\text{Md} + ^4\text{He}; ^{148}\text{Sm} = ^{144}\text{Nd} + ^4\text{He}.$ <p>Пользуясь табличными значениями масс или проводя расчет согласно примеру 1, находим дефект масс и эквивалентную энергию. Так, для ядра ^{251}Lr $\Delta E = \{251,09436 - (247,08164 + 4,002603)\} \cdot 931,5 = 9,4239 \text{ МэВ}$. Аналогично для изотопа ^{148}Sm $\Delta E = 1,9863 \text{ МэВ}$.</p> <p>Выделяющаяся при распаде энергия распределяется между α-частицей и дочерним ядром. В случае распада ядра ^{251}Lr α-частица уносит энергию:</p> $9,4239 \frac{251-4}{251} = 9,27 \text{ МэВ}.$ <p>Соответственно при распаде ^{148}Sm энергия α-частицы близка 1,93 МэВ.</p>
70	<p>Задача 1.2. Вычислить максимальную энергию спектра β^--частиц ^{32}P. Разность масс покоя атомов ^{32}P и ^{32}S равна $1,834 \cdot 10^{-3}$ а.е.м.</p> <p>Решение. Максимальная энергия β^--частиц равна энергии ядерного превращения:</p> $E_{\beta_{\text{max}}} = 1,834 \cdot 10^{-3} \cdot 931,5 = 1,71 \text{ МэВ}.$

71	<p>Задача 1.3. Вычислить максимальную энергию спектра β^+-частиц, испускаемых при распаде ^{49}Cr.</p> <p>Решение. Энергия, выделяемая при β^+-распаде, определяется энергетическим эквивалентом разности масс покоя ядер (в данном случае это ядра ^{49}Cr и ^{49}V) и энергией массы покоя пары электрон-позитрон:</p> $E_{\beta\text{max}} = (48,9513357 - 48,9495161) \cdot 931,5 - 1,022 = 1,604 \text{ МэВ.}$ <p>Учитывая, что часть энергии может уноситься γ-квантами, максимальную энергию позитронов можно определить посредством вычитания энергии, уносимой γ-квантами, из общей энергии, выделяемой при β^+-распаде.</p>
----	---

3.4. Кейс-задания

ОПК-1 способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

Номер задания	Текст задания
72	<p>Построить схему распада $^{230}_{90}\text{Th}$ по следующим данным</p> <ul style="list-style-type: none"> • энергия α-частиц: 4,46; 4,48; 4,61 и 4,68 МэВ; • энергия γ-квантов: 0,07; 0,13; 0,20 и 0,22 МэВ; • полная энергия распада 4,68 МэВ. <p>Решение. От энергетического уровня исходного ядра $^{230}_{90}\text{Th}$ проводим четыре стрелки, каждая из которых обозначает испускание α-частиц определенной энергии. Вычисляя разности между значениями энергий отдельных групп α-частиц и сравнивая эти разности с энергиями γ-квантов, находим, каким переходам соответствует испускание γ-квантов каждой энергии:</p> $\begin{array}{l} 4,48 - 4,46 = 0,02 \text{ МэВ,} \\ 4,61 - 4,46 = 0,15 \text{ МэВ;} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 4,48 - 4,46 = 0,02 \text{ МэВ,} \\ 4,61 - 4,46 = 0,15 \text{ МэВ;} \end{array}} \right\} \text{ соответствующих } \gamma\text{-квантов нет.}$ $\begin{array}{l} 4,61 - 4,48 = 0,13 \text{ МэВ,} \\ 4,68 - 4,46 = 0,22 \text{ МэВ,} \\ 4,68 - 4,48 = 0,20 \text{ МэВ,} \\ 4,68 - 4,61 = 0,07 \text{ МэВ.} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 4,61 - 4,48 = 0,13 \text{ МэВ,} \\ 4,68 - 4,46 = 0,22 \text{ МэВ,} \\ 4,68 - 4,48 = 0,20 \text{ МэВ,} \\ 4,68 - 4,61 = 0,07 \text{ МэВ.} \end{array}} \right\} \text{ энергии соответствуют энергиям } \gamma\text{-квантов, испускаемых при распаде } ^{230}\text{Th.}$ <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <p>Вместе с тем, возможен и второй случай, когда α-переход осуществляется из возбужденного состояния родительского ядра в основное состояние дочернего. Эти случаи принято квалифицировать как появление длиннопробежных α-частиц, возможности для испускания которых возникают у возбужденных ядер, образующихся в результате сложного β-распада.</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Рис. 3.2. Схема распада $^{230}_{90}\text{Th}$</p>

73	<p>Оценить минимальную энергию γ-лучей, вызывающих образование нейтронов при облучении ${}^7_3\text{Li}$ и ${}^9_4\text{Be}$</p> <p>Решение. По условию задачи необходимо оценить возможность осуществления двух реакций:</p> $\gamma + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + {}^1_0n \text{ и } \gamma + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0n.$ <p>Очевидно, что пороговая энергия γ-квантов равна энергии связи нейтронов в облучаемых изотопах. Из таблицы массовых чисел находим массу ${}^7_3\text{Li}$ и вычитаем из нее сумму масс ${}^6_3\text{Li}$ и нейтрона:</p> $7,016005 \text{ а.е.м.} - (6,015126 \text{ а.е.м.} + 1,008665 \text{ а.е.м.}) = -0,007786 \text{ а.е.м.}$ <p>Принимая во внимание соотношение между массой и энергией, находим, что пороговая энергия γ-квантов равна</p> $Q = -0,007786 \cdot 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.} \approx -7,25 \text{ МэВ.}$ <p>Очевидно, что $E_{\text{Св}} = -Q = -(-7,25 \text{ МэВ}) = 7,25 \text{ МэВ.}$</p> <p>Аналогично, при использовании ${}^9_4\text{Be}$ дефект массы равен разнице масс исходного ядра и суммы масс образующего ядра бериллия и нейтрона:</p> $9,012186 \text{ а.е.м.} - (8,005308 \text{ а.е.м.} + 1,008665 \text{ а.е.м.}) = -0,001787 \text{ а.е.м.}$ <p>Пороговая энергия $Q = -0,001787 \text{ а.е.м.} \cdot 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.} \approx -1,67 \text{ МэВ.}$</p> <p>Откуда следует, что $E_{\text{Св}} \approx 1,67 \text{ МэВ.}$</p> <p>Очевидно, что пороговая реакция на ядрах бериллия имеет существенно меньший порог энергии.</p>
74	<p>В 50 мл разбавленной соляной кислоты растворили $8 \cdot 10^{-7}$ моль гидроксида циркония, меченного ${}^{95}\text{Zr}$, с активностью 12,5 ГБк. Предполагается, что адсорбированные ионы, содержащие один атом циркония, могут покрыть монослоем 25 см^2 поверхности стекла, а занимаемая ионом площадь равна $2,5 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$. Как может измениться удельная активность раствора за счет молекулярной адсорбции?</p> <p>Решение</p> <p>1. Уменьшится с 250 до 244,8 МБк/мл. Решение. Для ${}^{95}\text{Zr}$ постоянная распада $\lambda = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$. Общее число ионов циркония $4,816 \cdot 10^{17}$ штук, из них радиоактивных - 10^{17}. Доля ионов ${}^{95}\text{Zr}^{4+}$: $1/4,816 = 0,20764$. Из общего числа адсорбированных ионов (10^{16}) радиоактивными являются $2,0764 \cdot 10^{15}$ ионов. В растворе останется ионов ${}^{95}\text{Zr}^{4+}$: $(10^{17} - 2,0764 \cdot 10^{15}) = 97,9236 \cdot 10^{15}$. Удельная активность раствора после адсорбции составит: $97,9236 \cdot 10^{15} \cdot \lambda / 50 = 244,8 \text{ МБк/мл.}$</p>
75	<p>В стеклянный стакан поместили 100 мл раствора оксалата циркония-95 без носителя активностью 100 МБк. Площадь поверхности стенок стакана, с которыми контактирует раствор, равна 80 см^2, а площадь, которую занимает на поверхности стекла одна гидратированная частица ${}^{95}\text{Zr}$, - $2,5 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$. Площадь внутренней поверхности стакана, на которой могут адсорбироваться ионы циркония-95, составляет примерно 80% геометрической поверхности внутренних стенок стакана, контактирующих с раствором. Какая доля радиоактивных атомов цирконий-95 окажется адсорбированной на поверхности стекла после установления адсорбционного равновесия?</p> <p>Решение</p>

	<p>2. Определим число ионов N, содержащих по одному атому цирконий-95. $10^8 = (0,693/65 \cdot 24 \cdot 3600)N$; отсюда $N = 8,1 \cdot 10^{14}$. Число ионов, которые могут адсорбироваться на внутренней стенке стакана: $N_{\text{адс}} = (80 \cdot 0,8)/(2,5 \cdot 10^{-15}) = 2,56 \cdot 10^{16}$. Таким образом, $N_{\text{адс}} \gg N$, и на стенках стакан может адсорбироваться весь цирконий-95 из раствора.</p>
76	<p>Определить концентрационную константу экстракции уранилнитрата ($C = 10^{-3}$ моль/л) 100% трибутилфосфатом из 0,5 моль/л раствора HNO_3. Коэффициент распределения уранилнитрата равен 3,73; в состав экстрагируемого комплекса входят две молекулы экстрагента. Плотность раствора ТБФ 0,97 г/мл, $V_{(o)} = V_{(в)}$</p> <p>Решение</p> <p>43. $1,12 \text{ л}^4/\text{моль}^4$. Для определения концентрационной константы экстракции соединения, при известных коэффициенте распределения и других параметрах системы, в первую очередь необходимо знать механизм экстракции, т.е. химическую реакцию, которая осуществляется на границе раздела фаз при переходе вещества из одной фазы в другую.</p> <p>Уранилнитрат экстрагируется ТБФ по сольватному механизму, и уравнение экстракции имеет вид:</p> $\text{UO}_2^{2+}_{(в)} + 2\text{NO}_3^-_{(в)} + 2\text{ТБФ}_{(o)} \leftrightarrow [\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{ТБФ}]_{(o)}$ <p>Индексы (в) и (о) относятся соответственно к водной и органической фазам. В экстракции участвуют и молекулы воды, т.к. ионы в водной фазе гидратированы, а при экстракции происходит их сольватация и перегидратация. Количественный учет этих процессов весьма сложен: их, как правило, формально учитывают в $K_{\text{экс}}$ и не приводят в уравнении экстракции.</p> $\tilde{K}_{\text{экс}} = \frac{[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{ТБФ}]_{(o)}}{[\text{UO}_2^{2+}]_{(в)} \cdot [\text{NO}_3^-]_{(в)}^2 \cdot [\text{ТБФ}]_{(o)}^2},$ <p>где $\tilde{K}_{\text{экс}}$ - концентрационная константа экстракции (в уравнение вводятся значения концентраций, а не активностями частиц).</p> $D = \frac{[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{ТБФ}]_{(o)}}{[\text{UO}_2^{2+}]_{(в)}}$ <p>В результате преобразований двух уравнений получаем:</p> $\tilde{K}_{\text{экс}} = \frac{D}{[\text{NO}_3^-]_{(в)}^2 \cdot [\text{ТБФ}]_{(o)}^2}$ <p>Пусть объемы фаз одинаковы и равны $V_{(o)} = V_{(в)} = 1000$ мл. Тогда</p> $C_{\text{ТБФ}} = \frac{1000 \cdot 0,97}{266} = 3,65 \text{ моль/л}$ <p>Подставляя все величины в уравнение для концентрационной константы экстракции, получаем:</p> $\tilde{K}_{\text{экс}} = \frac{3,73}{0,5^2 \cdot 3,65^2} = 1,12 \text{ л}^4/\text{моль}^4$

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

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачтено/незачтено)	Уровень освоения компетенции
ОПК-1 способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности					
Знать Основные понятия и определения радиохимии; законы радиоактивного распада; радиоактивные семейства урана, актиноурана и тория; классификацию методов выделения и разделения;	Собеседование (экзамен)	Знание основных понятий радиохимии; законов радиоактивного распада; радиоактивные семейства урана, актиноурана и тория; классификацию методов выделения и разделения	Обучающийся активно участвовал в собеседовании, правильно и в полном объеме изложил теоретический материал; допустил не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в собеседовании, правильно изложил теоретический материал, допустил более 1, но менее 3 ошибок;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в собеседовании, изложил теоретический материал не в полном объеме, допустил более 3, но менее 5 ошибок;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не внес вклада в собеседование и обсуждение.	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
Уметь определять экспериментально или путем расчета, характеристики полей излучений; применять радиометрические методы для анализа руд, концентратов, солей	Тест (защита лабораторной работы, экзамен, зачет)	Результат тестирования	85 % и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			от 70 до 85 % правильных ответов;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			от 50 до 70 % правильных ответов;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			менее 50 % правильных ответов.	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Задача (защита лабораторной работы)	Содержание решения	Обучающийся выбрал верную методику решения, представил пояснения, провел верный расчет, допустил не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, представил краткие пояснения, провел частично верный расчет, допущено не более 3 ошибок в ответе	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, пояснения не представлены в	Удовлетворительно	Освоена (базовый)

			необходимом объеме, расчет (или схема) выполнены с ошибками, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, допустил не более 5 ошибок в ответе		
			Обучающийся выбрал неверную методику решения задачи или неверный ответ на задание	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
Владеть радиометрическими методами для анализа руд, концентратов, солей, выполнять радиохимические операции для активационного анализа	Кейс-задача (экзамен, зачет)	Содержание решения кейс-задания.	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)