

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)


УТВЕРЖДАЮ
Директор института
Ястребинский Р.Н.
« 17 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Радиохимия

направление 18.05.02 – Химическая технология материалов современной
энергетики

Специализация 18.05.02-06 – Ядерная и радиационная безопасность на объектах
использования ядерной энергетики

Квалификация
инженер

Форма обучения
Очная

Институт: Химико-технологический институт
Кафедра: Теоретической и прикладной химии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования специалитет по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 913

▪ учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители):

канд. хим. наук, профессор


(ученая степень и звание, подпись)


(Л.В. Денисова)

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » 05 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:


(ученая степень и звание, подпись)

(В.И. Павленко)


(инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Теоретической и прикладной химии

(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой:


(ученая степень и звание, подпись)

(В.И. Павленко)


(инициалы, фамилия)

« 13 » 05 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 2021 г., протокол № 9

Председатель


(ученая степень и звание, подпись)

(Л.А. Порожнюк)

(инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-1. Способен планировать работы по организации контроля состояния ядерной, радиационной, экологической, безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами.	ПК-1.1. Использует знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основных понятий радиоактивности, ядерных реакциях, свойств радиоактивных соединений при решении профессиональных задач <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использование знаний о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач <p>Навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применение основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции, соосаждения при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами; • использование методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1 Способен планировать работы по организации контроля состояния ядерной, радиационной, экологической, безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Введение в специальность
2	Методы сбора, транспортировки, переработки и хранения радиоактивных отходов
3	Радиационно-защитное материаловедение
4	Законодательство в области использования атомной энергии
5	Основы научных исследований
6	Практические основы организации научно-исследовательской работы
7	Управление в чрезвычайных ситуациях
8	Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций
9	Радиохимия
10	Химия и технология редких и благородных металлов
11	Учебная ознакомительная практика
12	Выполнение, подготовка и процедура защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 9
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	107	107
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	71	71
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 5 Семестр 9

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. История развития радиохимии. Основные определения и понятия.					
	Определение предмета радиохимии. Специфические особенности объектов исследования радиохимии. Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов. Место и роль радиохимии в развитии науки и техники на современном этапе. Краткий исторический обзор развития радиохимии.	4	2		6

2. Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах				
Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах. Процессы гидролиза и их особенности в растворах больших разведений. Истинные коллоиды и псевдоколлоиды. Приемы, позволяющие установить природу коллоидного состояния. Процессы комплексообразования. Основы экспериментальных методов исследования состояния радиоактивных элементов в жидкой фазе. Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в твердой и газовой фазах.	4	2	-	6
3. Процессы изотопного обмена				
Процессы изотопного обмена. Классификация реакций изотопного обмена. Механизмы реакций изотопного обмена. Термодинамика и кинетика реакций идеального изотопного обмена. Кинетические характеристики реакций изотопного обмена (период полубомена, константа скорости, порядок реакции, энергия активации) и методы их определения. Основы экспериментальных методов исследования. Практическое использование реакций изотопного обмена.	4	3	-	5
4. Процессы сосаждения в радиохимии				
Механизмы процессов сосаждения, типы носителей. Математическое описание и основные закономерности процессов сосаждения с изотопными, специфическими носителями. Термодинамическая теория Ратнера процесса сокристаллизации. Константа Хлопина, коэффициент кристаллизации, постоянная кристаллизация. Влияние различных факторов на сосаждение. Экспериментальные приемы разграничения различных видов сосаждения. Практическое значение процессов сосаждения в радиохимии.	4		4	6
5. Процессы жидкостной экстракции в радиохимии				
Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. Основные классы экстрагентов, механизмы экстракционных процессов, влияние различных факторов на эффективность процесса. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения. Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах.	4		3	16
6. Процессы адсорбции. Хроматографические процессы в радиохимии				
Процессы адсорбции в радиохимии. Классификация процессов адсорбции. Математическое описание и основные закономерности процессов адсорбции на ионных кристаллах, коллоидных и аморфных осадках, на углях, стекле и бумажных фильтрах. Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах. Хроматографические процессы в радиохимии. Основные закономерности ионообменной, распределительной и адсорбционной хроматографии. Количественные характеристики эффективности разделения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионообменной хроматографии и методы их	6	2	3	8

	экспериментального определения. Примеры практического использования хроматографических методов в радиохимии.				
7. Электрохимические процессы в радиохимии					
	Электрохимические процессы в радиохимии. Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) при электрохимических процессах. Формальные окислительно-восстановительные потенциалы: определение термина, соотношение между величинами формального и стандартного потенциалов. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов). Использование электрохимических процессов в радиохимии.	4	4	3	8
8. Получение и применение радиоактивных изотопов					
	Получение и применение радиоактивных изотопов. Выбор ядерной реакции. Требования к веществу мишени. Расчет времени облучения. Получение радионуклидов для медицинских целей. Метод радиоактивных индикаторов. Радиометрические измерения и радиохимический анализ. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления. Субстехиометрический вариант метода изотопного разбавления. Активационные методы. Радиометрическое титрование.	4	4	-	10
	ВСЕГО	34	17	17	71

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 9				
1.	Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии (ПК-1)	Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов	2	2
2.	Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах (ПК-1)	Экспериментальные методы исследования состояния радиоактивных элементов в жидкой, твердой и газовой фазах.	2	2
3.	Процессы изотопного обмена (ПК-1)	Кинетические характеристики реакций изотопного обмена (период полуобмена, константа скорости, порядок реакции, энергия активации) и методы их определения.	3	3
4.	Процессы адсорбции. Хроматографические процессы в радиохимии (ПК-1)	Количественные характеристики эффективности извлечения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионного обмена	2	2

5.	Электрохимические процессы в радиохимии (ПК-1)	Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) при электрохимических процессах. Использование электрохимических процессов в радиохимии.	4	4
6.	Получение и применение радиоактивных изотопов в химии (ПК-1)	Реакторные и циклотронные радиоактивные изотопы. Изотопные генераторы. Получение радионуклидов для медицинских целей. Метод радиоактивных индикаторов.	4	4
ИТОГО			17	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 9				
1.	Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии (ПК-1)	Приготовление и измерение радиоактивных препаратов	4	4
2.	Процессы соосаждения в радиохимии (ПК-1)	Отделение стронция-90 от дочернего иттрия-90 осаждением сульфата стронция	4	4
3.	Процессы адсорбции. Хроматографические процессы в радиохимии (ПК-1)	Изучение адсорбции ^{137}Cs ($^{137\text{m}}\text{Ba}$) и ^{90}Sr - ^{90}Y ионообменными материалами	4	4
4.	Процессы жидкостной экстракции в радиохимии (ПК-1)	Разделение изотопов ^{90}Sr - ^{90}Y экстракцией ди-(2-этидгексил) фосфорной кислотой	5	5
ИТОГО:			17	17

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Выполнение курсового проекта/работы не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Выполнение расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий не предусмотрено учебным планом.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-1 Способен планировать работы по организации контроля состояния ядерной, радиационной, экологической, безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.1. Использует знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Экзамен, защита лабораторных работ, разноуровневые задачи, тесты, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

Промежуточная аттестация в конце 9 семестра осуществляется в форме **экзамена** после изучения всех разделов дисциплины «Радиохимия». К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования, предъявляемые к изучению дисциплины: выполнение и защита лабораторных работ.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none">1. Определение предмета радиохимии. Особенности объектов исследования радиохимии.2. Объекты исследования в радиохимии и их особенности.3. Понятия «радиоактивный элемент», «радиоактивный изотоп». Свойства радиоактивных изотопов.4. Количественные характеристики реакций изотопного обмена: степень обмена, константа равновесия, константа скорости, Методы их определения.5. Метод меченых атомов. Стабильные и радиоактивные индикаторы. Достоинства и недостатки метода. Примеры использования.6. Метод меченых атомов. Стабильные и радиоактивные индикаторы. Достоинства и недостатки метода. Примеры использования.7. Объекты исследования в радиохимии. Особенности поведения ультрамалых количеств радиоактивных веществ в различных процессах.8. Ионодисперсное состояние радионуклидов в водных растворах. Математическая модель.9. Место и роль радиохимии в развитии науки и техники на современном этапе.

2.	Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Коллоидное состояние микроколичеств радионуклидов в жидкой фазе: истинные и псевдорadioколлоиды. Причины и условия образования, влияние различных факторов. 2. Методы исследования коллоидного состояния радионуклидов. 3. Истинное состояние микроколичеств радионуклидов в жидкой фазе: ионное и молекулярное. Методы исследования: метод носителей, методы определения состава и устойчивости комплексных ионов. 4. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 5. Состояние микроколичеств радионуклидов в твердой и газовой фазе.
3.	Процессы изотопного обмена (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация реакций изотопного обмена: идеальный и неидеальный изотопный обмен, гомогенный и гетерогенный изотопный обмен, простые и сложные реакции изотопного обмена. 2. Механизмы реакций изотопного обмена. Термодинамические особенности реакций изотопного обмена. 3. Количественные характеристики ионообменных процессов: константа обмена, коэффициент распределения, фактор разделения. Определение характеристик в динамических и статических условиях. 4. Абсолютная и регистрируемая активность. Предел обнаружения радиоактивного вещества в радиометрических измерениях. 5. Термодинамика и кинетика реакций идеального изотопного обмена. 6. Практическое использование реакций изотопного обмена
4.	Процессы соосаждения в радиохимии (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Механизмы процессов соосаждения, типы носителей. 2. Термодинамическая теория Ратнера процесса сокристаллизации. 3. Влияние различных факторов на соосаждение. 4. Экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения. 5. Практическое значение процессов соосаждения в радиохимии. 6. Соосаждение с образованием смешанных кристаллов (сокристаллизация). Константа Хлопина, коэффициент кристаллизации, постоянная кристаллизации. 7. Влияние различных факторов на коэффициент кристаллизации и константу Хлопина в процессах сокристаллизации (теория Ратнера). 8. Дробная кристаллизация. Практическое значение процессов кристаллизации. 9. Соосаждение радионуклидов (микрокомпонентов) с носителями (макрокомпонентами). Классификация носителей: изотопные, специфические, неспецифические. 10. Изоморфная и изодиморфная сокристаллизация. Со-кристаллизация с образованием кристаллов Гримма и

		<p>аномальных смешанных кристаллов.</p> <p>11. Основные количественные характеристики процесса сокристаллизации: константа Хлопина, коэффициент кристаллизации (D), константа кристаллизации (λ).</p> <p>12. Принципы и экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения микроколичеств радионуклидов с макрокомпонентами.</p> <p>13. Сокристаллизация как вид соосаждения. Изоморфизм и изодиморфизм. Закон Митчерлиха.</p>
5.	Процессы адсорбции в радиохимии (ПК-1)	<p>1. Классификация процессов адсорбции.</p> <p>2. Математическое описание и основные закономерности процессов адсорбции на ионных кристаллах, коллоидных и аморфных осадках, на углях, стекле и бумажных фильтрах.</p> <p>3. Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах.</p> <p>4. Адсорбция радионуклидов. Виды адсорбции: на ионных кристаллах, на коллоидных и аморфных осадках, на стекле.</p> <p>5. Первичная и вторичная адсорбция.</p> <p>6. Основные методы исследования состояния радионуклидов в водных растворах. Метод адсорбции.</p> <p>7. Гомогенное (равновесное) распределение радионуклида между твердой фазой и раствором. Закон Хлопина.</p> <p>8. Гетерогенное распределение радионуклида между твердой фазой и раствором.</p> <p>9. Первичная и вторичная адсорбция на полярных кристаллах.</p>
6.	Процессы жидкостной экстракции в радиохимии (ПК-1)	<p>1. Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции.</p> <p>2. Основные классы экстрагентов, механизмы экстракционных процессов, влияние различных факторов на эффективность процесса.</p> <p>3. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения.</p> <p>4. Количественные характеристики экстракционных процессов: константа экстракции, коэффициент распределения, фактор разделения. Определение характеристик методом радиоактивных индикаторов.</p> <p>5. Жидкостная экстракция. Принцип метода. Основные термины и понятия. Количественные характеристики. Использование радиоактивных индикаторов для их определения.</p> <p>6. Классификация процессов жидкостной экстракции по типу экстрагента. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения.</p> <p>7. Практическое применение процессов жидкостной экстракции в радиохимической технологии. Достоинства и недостатки метода.</p> <p>8. Термодинамика процессов экстракции. Закон Бертло-Нернста. Константы экстракционных равновесий. Изотермы экстракции.</p>

		<p>9. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения веществ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - состав водной фазы – кислотность, присутствие высаливателей, комплексообразователей; - состав органической фазы – тип экстрагента, природа растворителя.
7.	Хроматографические процессы в радиохимии (ПК-1)	<p>1. Определение понятия «хроматографический метод». Классификация методов хроматографии:</p> <ul style="list-style-type: none"> - по механизму взаимодействия вещества с адсорбентом; - по технике эксперимента (фронтальная, элюентная, вытеснительная хроматография). <p>2. Ионообменная хроматография. Принцип метода. Виды ионообменных материалов. Количественные характеристики процесса. Уравнение Никольского.</p> <p>3. Факторы, влияющие на эффективность разделения в процессах ионообменной хроматографии. Примеры практического применения ионообменных процессов.</p> <p>4. Распределительная хроматография. Принцип метода. Количественные характеристики. Распределительная хроматография в колонке, на бумаге, в тонких слоях.</p> <p>5. Факторы, влияющие на эффективность разделения веществ методом ионообменной хроматографии: химическая природа разделяемых ионов, тип ионита, степень дисперсности ионита, температура, скорость пропускания раствора, наличие комплексообразователей.</p> <p>6. Что понимают под термином состояние? Перечислите основные формы состояния радионуклидов в водных растворах.</p>
8.	Электрохимические процессы в радиохимии (ПК-1)	<p>1. Особенности электрохимических процессов с участием радиоактивных веществ.</p> <p>2. Практическое использование электрохимических методов в радиохимии.</p> <p>3. Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) при электрохимических процессах.</p> <p>4. Формальные окислительно-восстановительные потенциалы: определение термина, соотношение между величинами формального и стандартного потенциалов.</p> <p>5. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов).</p> <p>6. Использование электрохимических процессов в радиохимии.</p>
9.	Получение и применение радиоактивных изотопов (ПК-1)	<p>1. Характеристики препаратов радиоактивных изотопов: радиохимическая чистота, радиохимический состав, объемная, массовая активности.</p> <p>2. Определение термина «состояние» радионуклидов в различных средах. Общая характеристика состояния радионуклидов в жидкой, газовой и твердой фазах.</p> <p>3. Получение радиоактивных изотопов в генераторах радионуклидов.</p> <p>4. Общая характеристики методов получения радиоактивных изотопов. Радиохимическая и радиоизотопная чистота препаратов. Реакторные и циклотронные изотопы.</p> <p>5. Определение термина «реакция изотопного обмена».</p>

		Практические приемы исследования реакций изотопного обмена. 6. Метод меченых атомов. Стабильные и радиоактивные индикаторы. Достоинства и недостатки метода.
--	--	---

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Выполнение курсового проекта/курсовой работы не предусмотрено учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение девятого семестра в форме защиты лабораторных работ, решение задач по каждой теме на практических занятиях. Перед выполнением лабораторной работы преподаватель проверяет оформление лабораторных работ; на практических занятиях преподаватель проводит собеседование студентов по освоению теоретического материала по данной теме и проводит разбор задач.

Собеседование предполагает специальную беседу с обучающимся и позволяет оценить объем его **знаний и умений** по определенному разделу дисциплины «Радиохимия».

Типовые вопросы на практических и лабораторных занятиях

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
Практические занятия		
1.	Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение предмета радиохимии. Особенности объектов исследования радиохимии. 2. Специфические особенности объектов исследования радиохимии. 3. Определение термина «состояние» радионуклидов в различных средах. Общая характеристика состояние радионуклидов в жидкой, газовой и твердой фазах. 4. Химические процессы при делении ядер; особенности α- и β-распада, испускание γ-квантов, закон радиоактивного распада, радиоактивные семейства, методы расчета активности в семействах. 5. Основы экспериментальных методов исследования реакций изотопного обмена. 6. Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов. 7. Краткий исторический обзор развития радиохимии. 8. Место и роль радиохимии в развитии науки и техники на современном этапе.

2.	Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Образование атома отдачи; расчет энергии отдачи и энергии, расходуемой на разрыв химической связи атома отдачи, входящего в состав молекулы. 2. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней. 3. Общие представления о поведении атомов, образующихся в результате ядерных превращений в составе молекулярных систем ("горячих" атомов или атомов отдачи). 4. Модель поведения атома отдачи в конденсированной среде. 5. Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов. Расчет количества (части) β -излучения, проходящего через материалы с различной плотностью. 6. Радиометрические измерения. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления. 7. Методы исследования реакций "горячих" атомов. 8. Специфические методы концентрирования радиоактивных нуклидов.
3.	Процессы изотопного обмена (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модель поведения атома отдачи в конденсированной среде 2. Специфика методов количественного определения радиоактивных нуклидов 3. Классификация реакций изотопного обмена 4. Механизмы реакций изотопного обмена 5. Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) в электрохимических процессах 6. Специфические методы концентрирования радиоактивных нуклидов. Метод Сциларда-Чалмерса. 7. Основы экспериментальных методов исследования реакций изотопного обмена. 8. Практическое использование реакций изотопного обмена.
4.	Процессы адсорбции. Хроматографические процессы в радиохимии (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные закономерности ионообменной, распределительной и адсорбционной хроматографии. 2. Количественные характеристики эффективности разделения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионообменной хроматографии и методы их экспериментального определения. 3. Примеры практического использования хроматографических методов в радиохимии. 4. Основные закономерности ионообменной хроматографии. 5. Основные закономерности распределительной и адсорбционной хроматографии. 6. Классификация хроматографических методов. 7. Коэффициенты распределения и разделения. 8. Использование радиоактивных индикаторов для исследования ионного обмена. 9. Факторы, влияющие на равновесие ионных процессов. 10. Основы кинетики ионного обмена

5.	Электрохимические процессы в радиохимии (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Специфические особенности поведения радиоактивных изотопов (элементов) в электрохимических процессах 2. Использование электрохимических процессов в радиохимии. 3. Электродный потенциал. Уравнение Нернста-Петерса. 4. Критический потенциал осаждения. 5. Особенности поведения радионуклидов в электрохимических процессах. 6. Поляризационная кривая. 7. Экспериментальное определение критического потенциала осаждения. 8. Электрохимические методы выделения и разделения радионуклидов: методы цементации, электролиза, электромиграции. 9. Использование электрохимических методов в радиохимии..
6.	Получение и применение радиоактивных изотопов в химии (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор ядерной реакции. Требование к веществу мишени. Расчет времени облучения. 2. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней. Получение радионуклидов для медицинских целей 3. Метод радиоактивных индикаторов. 4. Радиометрические измерения и радиохимический анализ. Радиоаналитическая химия. 5. Метод изотопного разбавления. Субстехиометрический вариант метода изотопного разбавления. 6. Активационные методы. Радиометрическое титрование. 7. Получение радиоактивных изотопов. 8. Практическое использование реакций изотопного обмена. 9. Получение радионуклидов для медицинских целей.
Лабораторные занятия		
1.	Применение радиоактивных изотопов в химии (ПК-1) Лабораторная работа № 1 «Приготовление и измерение радиоактивных препаратов»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Количественные характеристики эффективности извлечение радиоактивных изотопов (элементов) методом ионного обмена. 2. Расчет количества (части) β - излучения, проходящего через материалы с различной плотностью. 3. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. 4. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 5. Радиометрические измерения. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления. 6. Определите время распада 90% ядер ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3,82$ сут.). 7. Сколько атомов гелия образуется в течение 1 года из 1 г ^{232}Th, находящегося в равновесии с продуктами распада?

2.	<p>Процессы соосаждения в радиохимии (ПК-1)</p> <p>Лабораторная работа № 2 «Отделение стронция-90 от дочернего иттрия-90 осажждением сульфата стронция»</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Математическое описание и основные закономерности процессов соосаждения с изотопными, и специфическими носителями. 2. Уравнение Гендерсона-Кречека и Дернара-Хоскинса. Расчет каскада дробной кристаллизации. 3. Ниже приведена схема ядерных превращений ^{210}Pb. Активность ^{210}Po, находящегося в равновесии с ^{210}Pb, равна 120 Бк. Чему равна активность ^{210}Bi и через какое время она уменьшится в 5 раз? 4. Механизмы процессов соосаждения, типы носителей. Влияние различных факторов на соосаждение. 5. Экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения. 6. Практическое значение и использование процессов соосаждения в радиохимии.
3.	<p>Процессы адсорбции. Хроматографические процессы в радиохимии (ПК-1)</p> <p>Лабораторная работа № 3 «Изучение адсорбции ^{137}Cs ($^{137\text{m}}\text{Ba}$) и ^{90}Sr - ^{90}Y ионообменными материалами»</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ионообменная хроматография. Принцип метода. 2. Виды ионообменных материалов. Количественные характеристики процесса. 3. Основные закономерности ионообменной хроматографии. 4. Основные закономерности распределительной и адсорбционной хроматографии. 5. Количественные характеристики эффективности разделения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионообменной хроматографии и методы их экспериментального определения. 6. Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах. 7. Классификация процессов адсорбции.
4	<p>Процессы жидкостной экстракции в радиохимии (ПК-1)</p> <p>Лабораторная работа № 4 «Разделение изотопов ^{90}Sr-^{90}Y экстракцией ди-(2-этидгексил) фосфорной кислотой»</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сколько атомов гелия образуется в течение 1 года из 1 г ^{232}Th, находящегося в равновесии с продуктами распада? 2. Влияние различных факторов на эффективность процесса жидкостной экстракции. 3. Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах. 4. Основные классы экстрагентов. 5. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения. Основы расчета экстракционных каскадов. 6. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения.

Типовые варианты тестов для текущего контроля в семестре

Раздел дисциплины	Вопросы	Ответы
<p>Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии (ПК-1)</p>	<p>Задачами изучения дисциплины являются:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. исследование химических свойств радиоактивных элементов, не имеющих стабильных изотопов 2. исследование химических свойств радиоактивных элементов 3. исследование химических свойств радиоактивных элементов, имеющих стабильные изотопы
	<p>Кто открыл явление радиоактивности в 1896 г.?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вильгельм Конрад Рентген 2. Анри Беккерель 3. Мари Кюри 4. Резерфорд
	<p>Период полураспада – это ...</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. промежуток времени, в течении которого распадается ядро 2. промежуток времени, в течении которого распадается половина начального количества ядер 3. промежуток времени, в течении которого распадается одна треть начального количества ядер 4. промежуток времени, в течении которого распадается половина $\frac{1}{4}$ начального количества ядер
	<p>В чем физический смысл закона радиоактивного распада?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. за период полураспада распадается одна и та же доля имеющихся атомов 2. за период полураспада распадается меньшая доля имеющихся атомов 3. зависимость интенсивности радиоактивного распада от времени и от количества радиоактивных атомов 4. зависимость интенсивности радиоактивного распада от времени радиоактивных атомов
	<p>Состояние, которому соответствует наименьшая возможная для данного ядра энергия, определяемая минимальной массой покоя ядра, называется</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. возбужденным 2. основным 3. переходным 4. устойчивым
	<p>Что представляют собой β^+-частицы?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. электроны 2. протоны 3. позитроны 4. электроны Оже
	<p>Что представляет собой γ-излучение?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. поток ядер гелия 2. поток моноэнергетических

		<p>электронов</p> <p>3. поток электронов, имеющих непрерывный энергетический спектр</p> <p>4. поток квантов электромагнитного излучения</p>
Состояние радиоактивных элементов (нуклидов) в жидкой, твердой и газовой фазах (ПК-1)	Цепь радиационно-химических превращений, приводящая к образованию свободных радикалов называется:	<p>1. катализ</p> <p>2. гидролиз</p> <p>3. пирролиз</p> <p>4. радиолиз</p>
	При поступлении радионуклидов внутреннее облучение по сравнению с внешним характеризуется:	<p>1. неравномерностью</p> <p>2. протяженным характером</p> <p>3. степенью опасности</p> <p>4. параллельностью течения процессов повреждения и восстановления</p>
	Радиоактивный распад – это....	<p>1. самопроизвольное превращение ядра, в результате которого образуется новое ядро и частица или квант излучения</p> <p>2. самопроизвольное превращение ядра, в результате которого образуется новое ядро</p> <p>3. самопроизвольное превращение ядра, в результате которого образуется квант излучения</p> <p>4. самопроизвольное превращение ядра, в результате которого образуется частица излучения</p>
	Укажите, что выражает символ N в дифференциальном уравнении закона радиоактивного распада - $dN/dt = -\lambda N$	<p>1. число Авогадро</p> <p>2. число ядер в 1 см^3</p> <p>3. количество имеющихся радиоактивных ядер</p> <p>4. количество распавшихся радиоактивных яде</p>
	Для какого типа радиоактивных превращений может наблюдаться зависимость скорости распада от химического состояния?	<p>1. для β-распада</p> <p>2. для спонтанного деления</p> <p>3. для α-распада</p> <p>4. для электронного захвата</p>
	Какое из перечисленных ниже понятий определяет термин «абсолютная активность»?	<p>1. общее число актов распада за все время измерения</p> <p>2. общее число импульсов, регистрируемых прибором, за все время измерения</p> <p>3. число импульсов, регистрируемых за единицу времени прибором, с коэффициентом регистрации $\phi \neq 1$</p> <p>4. скорость радиоактивного распада.</p>
	Какое из перечисленных понятий определяет термин «регистрируемая активность»?	<p>1. скорость радиоактивного распада</p> <p>2. число электрических импульсов, отмечающих попадание в измерительный прибор ядерных ча-</p>

		<p>стиц или квантов в единицу времени</p> <p>3. общее число актов распада за все время измерения</p> <p>4. общее число импульсов, регистрируемых прибором за все время измерения</p>
	Укажите, какое из приведенных ниже понятий нельзя в общем случае использовать в качестве определения термина «период полураспада»:	<p>1. время, по прошествии которого остается половина наличного количества ядер радиоактивного изотопа</p> <p>2. время, за которое абсолютная активность снижается вдвое</p> <p>3. время, за которое регистрируемая активность снижается вдвое</p> <p>4. время, за которое масса радиоактивного вещества уменьшается в 2 раза</p>
Процессы изотопного обмена (ПК-1)	Единицей измерения радиоактивности является:	<p>1. Грэй</p> <p>2. Рентген</p> <p>3. Беккерель</p> <p>4. Зиверт</p>
	α -излучение обладает:	<p>1. наибольшей ионизирующей способностью</p> <p>2. наименьшей проникающей способностью</p> <p>3. высокой скоростью пробега в воздухе</p> <p>4. высокой степенью поглощения защитными слоями биологических тканей</p>
	Процесс взаимодействия между какими частицами является аннигиляцией?	<p>1. электронами и протонами</p> <p>2. электронами и гамма-квантами</p> <p>3. электронами и позитронами</p> <p>4. позитронами и гамма-квантами</p>
	Объемная активность (активность в единице объема) определяется как:	<p>1. активность · объем</p> <p>2. активность : объем</p> <p>3. активность : масса основного вещества</p> <p>4. активность + масса основного вещества</p>
	Укажите период полураспада для ^{67}Ga :	<p>1. 78 часов</p> <p>2. 13 часов</p> <p>3. 109 минут</p> <p>4. 67 часов</p>
	Укажите период полураспада для ^{123}I :	<p>1. 78 часов</p> <p>2. 13 часов</p> <p>3. 109 минут</p> <p>4. 67 часов</p>
	Какой из следующих радионуклидов является источником позитронов?	<p>1. $^{99}_{\text{m}}\text{Tc}$</p> <p>2. $^{20}_{\text{I}}\text{Tl}$</p> <p>3. ^{18}F</p> <p>4. ^{123}I</p>
	Что называется изотопом?	1. совокупность атомов, обладающих одинаковым зарядом и оди-

		<p>наковой массой</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. совокупность атомов, обладающих одинаковым зарядом и разной массой 3. совокупность атомов, обладающих разным зарядом и одинаковой массой 4. совокупность атомов, обладающих одинаковым зарядом
Процессы соосаждения в радиохимии (ПК-1)	Соосаждение – это процесс....	<ol style="list-style-type: none"> 1. переноса нуклидов из раствора в твердую фазу, образуемую веществом носителя 2. переноса вещества из раствора в твердую фазу 3. осаждение ионов 4. выделение твердой фазы из растворов
	В процессах соосаждения радионуклид выступает в роли....., носитель в роли	<ol style="list-style-type: none"> 1. микрокомпонент, макрокомпонент 2. макрокомпонент, микрокомпонент 3. микрокомпонент, компонент 4. макрокомпонент, твердая фаза
	Главная закономерность процессов соосаждения с изотопным носителем.....	<ol style="list-style-type: none"> 1. мольные доли микро- и макрокомпонента, перешедших в твердую фазу, равны молярной доле носителя, переходящего в твердую фазу (одинаковый состав фаз) 2. мольные доли микро- и макрокомпонента, перешедших в твердую фазу, не равны молярной доле носителя, переходящего в твердую фазу (одинаковый состав фаз) 3. мольные доли микрокомпонента, перешедших в твердую фазу, равны молярной доле носителя, переходящего в твердую фазу (одинаковый состав фаз) 4. мольные доли макрокомпонента, перешедших в твердую фазу, равны молярной доле носителя, переходящего в твердую фазу (одинаковый состав фаз)
	Что называется изовалентным изоморфизмом?	<ol style="list-style-type: none"> 1. взаимозамещение одинаково заряженных ионов разных химических элементов в эквивалентных позициях в данной кристаллографической системе. 2. взаимозамещение неодинаково заряженных ионов разных химических элементов в эквивалентных позициях в данной кристаллографической системе.

		<p>3. взаимозамещение одинаково заряженных ионов разных химических элементов в эквивалентных позициях в разных кристаллографических системах.</p> <p>4. взаимозамещение неодинаково заряженных ионов разных химических элементов.</p>
<p>Процессы адсорбции. Хроматографические процессы в радиохимии (ПК-1)</p>	<p>Какие материалы используют в качестве адсорбентов?</p>	<p>1. углерод</p> <p>2. оксид алюминия</p> <p>3. стекла</p> <p>4. ионообменные смолы</p>
	<p>Переход радионуклида из раствора на заранее сформулированную твердую фазу, которая не претерпевает заметных изменений в течение...</p>	<p>1. сорбции</p> <p>2. адсорбции</p> <p>3. экстракции</p> <p>4. осаждения</p>
	<p>Стабильная твердая фаза называется ----, а распределяющееся вещество -.....</p>	<p>1. сорбентом и сорбатом</p> <p>2. сорбатом и адсорбентом</p> <p>3. адсорбатом и сорбентом</p> <p>4. адсорбентом и адсорбатом</p>
	<p>Правило адсорбции сформулировал...</p>	<p>1. К. Фаянс</p> <p>2. Ф. Панет</p> <p>3. В. Хоскинс</p> <p>4. Г. Дернер</p>
	<p>Хроматографические методы это -</p>	<p>1. разделение веществ в динамических условиях</p> <p>2. осаждение веществ на твердых носителях</p> <p>3. разделение веществ в жидких фазах</p> <p>4. разделение смеси на твердых носителях</p>
	<p>Ионит содержит....</p>	<p>1. матрицу, функциональную группу, противоион</p> <p>2. матрицу, функциональную группу</p> <p>3. функциональную группу, противоион</p> <p>4. матрицу, противоион</p>
	<p>Элюирование это-.....</p>	<p>1. процесс десорбции поглощенного на смоле иона</p> <p>2. процесс адсорбции поглощенного на смоле иона</p> <p>3. процесс сорбции поглощенного иона</p> <p>4. процесс десорбции иона</p>
	<p>Что называется коэффициентом распределения?</p>	<p>1. отношение концентраций распределяющегося элемента в фазе ионита в растворе</p> <p>2. отношение концентраций распределяющегося иона в фазе ионита в растворе</p> <p>3. отношение концентраций распределяющегося элемента в рас-</p>

		творе 4. отношение ионита в растворе
Процессы жидкостной экстракции в радиохимии (ПК-1)	Процесс экстракции – это.....	1. процесс переноса растворенного вещества из одной жидкой фазы в другую 2. процесс переноса растворимого вещества в жидкую фазу 3. процесс переноса вещества на твердый носитель 4. процесс переноса растворенного вещества из жидкой фазы в твердую
	Процесс реэкстракции – это	1. процесс переноса вещества из экстракта в водный раствор или осадок 2. процесс переноса вещества из водного раствора 3. процесс переноса вещества в водный раствор 4. процесс переноса осадка в водный раствор
	Экстрагент – это	1. органическое соединение или его раствор в органическом растворителе, способное к переносу какого-либо вещества из водной фазы в органическую 2. органический раствор, который способен к переносу какого-либо вещества в органическую фазу 3. органическое вещество, способное образовывать определенные соединения с извлекаемыми веществами и переводить их в органическую фазу 4. органическое вещество для разбавления или растворения экстракционного реагента
	Экстракт – это	1. равновесная органическая фаза, содержащая вещество, извлеченное из водного раствора 2. органическая фаза, содержащая вещество, извлеченное из твердой фазы 3. раствор вещества, оставшегося в равновесной водной фазе после проведения операции экстракции 4. раствор вещества, извлеченного из экстракта
Электрохимические процессы в радиохимии (ПК-1)	Электрохимические процессы – это	1. процессы превращения веществ на границе раздела фаз: проводник электричества первого рода (металл) – проводник электричества второго рода (раствор), проис-

		<p>ходящие с участием свободных электронов</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. процессы превращения веществ на границе раздела фаз: металл – раствор 3. процессы, протекающие на границе раздела двух фаз 4. процессы, протекающие превращения веществ на границе раздела фаз: металл –металл
	Критический потенциал осаждения – это...	<ol style="list-style-type: none"> 1. потенциал электрода, при котором начинается осаждение на нем радионуклида 2. потенциал электрода, при котором начинается осаждение элемента 3. потенциал электрода, при котором начинается осаждение на нем металла 4. потенциал электрода, при котором начинается осаждение на нем изотопа
	Уравнения, применяемые для расчета в электрохимических расчетах	<ol style="list-style-type: none"> 1. уравнение Нернста 2. уравнение Нернста-Петерса 3. уравнение Роджера –Стеня 4. уравнение Менделеева-Клапейрона
	Методы, применяемы для выделения и разделения радионуклидов:	<ol style="list-style-type: none"> 1. цементации 2. электролиза 3. электромиграции 4. осаждения
Получение и применение радиоактивных изотопов (ПК-1)	Радиоактивные изотопы – это....	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изотопы любого элемента, атомы которых имеют неустойчивые ядра и переходят в устойчивое состояние путем радиоактивного распада, сопровождающегося излучением 2. атомы, ионы и молекулы, отличающиеся по составу 3. молекулы, отличающиеся по молекулярному составу 4. разновидности одного и того же химического элемента, близкие по своим физико-химическим свойствам, но имеющие разную атомную массу
	Каким ученым было предложено название «изотопы»?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ф. Содди 2. М. Кюри 3. Ф. Рентген 4. А. Беккерель
	С помощью каких реакций можно получить радиоактивные изотопы?	<ol style="list-style-type: none"> 1. физических 2. химических 3. ядерных 4. обмена
	Какой из методов имеет наибольшее	1. «меченых атомов»

применение для получения радиоактивных изотопов?	2. радиоактивного излучения 3. источники гамма-лучей 4. ядерных реакций
Кем был разработан радиоуглеродный метод применения радиоактивных изотопов	1. У. Либби 2. Э. Резерфорд 3. Ф. Содди 4. К. Фаянс

Пример типового экзаменационного билета

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ Дисциплина "Радиохимия", направление 18.05.01

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

1. Объекты исследования в радиохимии и их особенности.
2. Классификация процессов жидкостной экстракции по типу экстрагента. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения.
3. Вычислите максимальную энергию частиц, испускаемых при распаде свободного нейтрона. Массы покоя нейтрона и протия 1Н равны 1,008664967 и 1,007825036 а.е.м., соответственно. Энергетический эквивалент 1 а.е.м. принять равным 931501 кэВ.

Одобрено на заседании кафедры " " _____ 202__ г, протокол №

Зав. кафедрой _____ Павленко В.И.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания (ПК-1)	Знание терминов, определений, понятий
	Полнота ответов на вопросы
	Объем освоенного материала
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения (ПК-1)	Полнота выполненного задания
	Умение обосновывать принятое решение при видоизменении заданий

	Умение применять теорию при решении практических заданий
	Умение использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач;
Навыки (ПК-1)	Применение основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции, соосаждения при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами
	Использование методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает основные термины и определения радиоактивности, ядерных реакций, но допускает неточности формулировок. Допускает неточности при определении состояния атомов, образующихся при ядерных превращениях.	Знает основные термины и определения радиоактивности, ядерных реакций, но допускает неточности формулировок. Излагает основные понятия, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе процессов при ядерных превращениях.	Знает основные термины и определения радиоактивности, ядерных реакций, но допускает неточности формулировок, может корректно сформулировать их самостоятельно. Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные понятия радиохимии, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе процессов при ядерных превращениях.
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не в полном объеме	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями

Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности. Неверно излагает и интерпретирует знания	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности. Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Излагает знания без нарушений в логической последовательности. Грамотно и по существу излагает знания	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя. Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы
---	---	--	---	--

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Не умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач; определять количественные характеристики экстракционного выделения и разделения; рассчитывать коэффициенты распределения при сокристаллизации, ионном обмене или жидкостной экстракции	Умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач; определять количественные характеристики экстракционного выделения и разделения	Умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач; определять количественные характеристики экстракционного выделения и разделения
Умение обосновывать принятое решение при видоизменении заданий	Не умеет предложить решение при видоизменении заданий	Допускает ошибки при обосновании принятого решения при видоизменении заданий	Может обосновать принятое решение при видоизменении заданий, допуская незначительные ошибки	Грамотно и аргументировано может обосновать принятое решение при видоизменении заданий
Умение использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Не умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач без обобщения и выводов	Умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач, допуская незначительные ошибки	Умеет использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Применение основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции, соосаждения при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами	Не владеет навыками применения основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции, соосаждения при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами	Владеет навыками применения основных закономерностей процессов адсорбции, при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами	Владеет навыками применения основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции, соосаждения при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами, допуская незначительные ошибки	Владеет навыками применения основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции, соосаждения при планировании работы по организации контроля безопасности при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами
Использование методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Не владеет навыками использования методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Владеет частично навыками использования методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Владеет навыками использования методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач, допуская незначительные ошибки	Владеет навыками использования методов электрохимических, хроматографических, соосаждения, адсорбции, экстракции для определения радиоактивных соединений при решении профессиональных задач

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
2.	Учебная аудитория для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель, мультимедийный проектор, компьютер, экран с электроприводом, информационные стенды для проведения лекционных занятий.
3.	Методический кабинет	Специализированная мебель, мультимедийный проектор, переносной экран, компьютер
4.	Учебные химические лаборатории	Лабораторные столы, вытяжные шкафы, сушильный шкаф, термостат, аналитические весы, электролизер, электрические плитки, фотоколориметр, рН-метр

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Бекман И.Н. Радиохимия: учебник и практикум для академического бакалавриата, студентов вузов, обучающихся по естественно-научным направлениям и специальностям. Т.1. Фундаментальная радиохимия / И. Н. Бекман. - Москва: Юрайт, 2017. - 472 с. ISBN 978-5-534-04180-4

2. Бекман И.Н. Радиохимия: учебник и практикум для академического бакалавриата, студентов вузов, обучающихся по естественно-научным направлениям и специальностям. Т.2. Прикладная радиохимия / И. Н. Бекман. - Москва: Юрайт, 2017. - 388 с. ISBN 978-5-534-04182-8

3. Практикум "Основы радиохимии и радиоэкологии". Под редакцией М.И. Афанасова, М.: Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008, 90с.

4. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии: учебн. Пособие.- Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 317 с. ISBN 978-985-06-2395-9

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>

2. Химический каталог: <http://www.ximicat.com/>

3. Химический портал ChemPort.Ru: <http://www.chemport.ru>

4. Сайт о химии ХиМиК: <http://www.xumuk.ru/>

5. Электронно-библиотечная система IPRBooks: <http://www.iprbookshop.ru/>

6. Электронная библиотечная система изд-ва Лань: <http://e.lanbook.com>

7. Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова: <https://elib.bstu.ru/>

8. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>

9. Электронно-библиотечная система «Book On Lime»: <https://bookonline.ru/>

10. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>

11. Национальная электронная библиотека: <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>

12. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>

13. Электронная библиотека НИУ БелГУ: <http://library-mp.bsu.edu.ru/MegaPro/Web>

14. Электронная библиотека БГАУ им. В.Я. Горина: <http://lib.belgau.edu.ru/>

15. <http://profbeckman.narod.ru/RR0.htm>

16. <http://www.chemport.ru/radiochemistry.shtml>

17. И.Н. Бекман. Радиохимия. Курс лекций. МГУ, 2006г. Электронный учебник. umap.narod.ru.