

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>В результате изучения раздела студент должен</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия радиоактивности, ядерных реакциях; • особенности объектов исследования радиохимии; методы количественного определения радиоактивных нуклидов; • химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях; • свойства радиоактивных соединений при решении профессиональных задач; • состояние радиоактивных элементов в жидкой, твердой и газовой фазах; основные свойства ядер; • основные закономерности процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами получения и концентрирования радиоактивных нуклидов; - методами соосаждения, адсорбции; экстракции, электрохимическими, хроматографическими для определения радиоактивных соединений; - методами радиометрических измерений, методом изотопного разбавления, радиометрического титрования 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	2	3	4	5	6
1. Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии					
	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.	2	4		6
2. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях					
	Общие представления о поведении атомов, образующихся в результате ядерных превращений в составе молекулярных систем ("горячих" атомов или атомов отдачи). Образование атома отдачи; расчет энергии отдачи и энергии. Специфические методы концентрирования радиоактивных нуклидов.	4	4	-	6
3. Получение радиоактивных изотопов					
	Выбор ядерной реакции. Требование к веществу мишени. Расчет времени облучения. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней. Получение радионуклидов для медицинских целей.	4		-	5
4. Процессы сосаждения в радиохимии					
	Механизмы процессов сосаждения, типы носителей. 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 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.	4		4	6

1	2	3	4	5	6
6. 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	5	3	16
7. Хроматографические процессы в радиохимии					
	Основные закономерности ионообменной, распределительной и адсорбционной хроматографии. Количественные характеристики эффективности разделения радиоактивных изотопов (элементов) методом ионообменной хроматографии и методы их экспериментального определения. Примеры практического использования хроматографических методов в радиохимии.	4		3	8
8. 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		3	8
9. Получение и применение радиоактивных изотопов					
	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	Химические процессы при делении ядер; особенности α - и β -распада, испускание γ -квантов, закон радиоактивного распада, радиоактивные семейства, методы расчета активности в семействах	4	4
2	Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях	Получение радиоактивных изотопов. Расчет времени облучения. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней.	4	4
3	Процессы жидкостной экстракции в радиохимии	Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, методы экспериментального определения. Основы расчета экстракционных каскадов.	5	5
4	Применение радиоактивных изотопов в химии	Радиометрические измерения. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления.	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	Получение радиоактивных изотопов	Определение процентного содержания КСI в смеси КСI+NaCI	4	4
2	Процессы соосаждения в радиохимии	Методы радиометрических измерений. Регистрация радиоактивности	4	4
3	Хроматоргафические процессы в радиохимии	Распределение веществ между двумя жидкими фазами (экстракция)	4	4
4	Электрохимические процессы в радиохимии	Электрохимические методы выделения и разделения радионуклидов (метод диффузии)	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

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные определения и понятия. Особенности объектов исследования в радиохимии	<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	Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Истинное состояние микроколичеств радионуклидов в жидкой фазе: ионное и молекулярное. Методы исследования: метод носителей, методы определения состава и устойчивости комплексных ионов. 2. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 3. Состояние микроколичеств радионуклидов в твердой и газовой фазе. 4. Явление удержания в процессах с участием атомов, образующихся при ядерных превращениях. Получение. 5. Определение естественных радионуклидов. Пределы обнаружения. Точность. 6. Методы изотопного разбавления в радиоаналитической химии. Субстехиометрические варианты метода. Радиометрическое титрование. 7. Классификация реакций изотопного обмена: идеальный и неидеальный изотопный обмен, гомогенный и гетерогенный изотопный обмен, простые и сложные реакции изотопного обмена. 8. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 9. Метод Сциларда – Чалмерса (эффект отдачи). 10. Методы диализа и ультрафильтрации в исследовании состояния радионуклидов в водных растворах.
3	Получение радиоактивных изотопов	<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. Механизмы реакций изотопного обмена. Термодинамические особенности реакций изотопного обмена. 4. Количественные характеристики ионообменных процессов: константа обмена, коэффициент распределения, фактор разделения. Определение характеристик в динамических и статических условиях. 5. Абсолютная и регистрируемая активность. Предел обнаружения радиоактивного вещества в радиометрических измерениях. 6. Соосаждение с образованием смешанных кристаллов (сокристаллизация). Закон распределения Хлопина. Условия его применимости. 7. Влияние различных факторов на коэффициент кристаллизации и константу Хлопина в процессах сокристаллизации (теория Ратнера). 8. Дробная кристаллизация. Практическое значение процессов кристаллизации.

4	Процессы соосаждения в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Механизмы процессов соосаждения, типы носителей. 2. Термодинамическая теория Ратнера процесса сокристаллизации. 3. Константа Хлопина, коэффициент кристаллизации, постоянная кристаллизация. 4. Влияние различных факторов на соосаждение. 5. Экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения. 6. Практическое значение процессов соосаждения в радиохимии. 7. Соосаждение радионуклидов (микрокомпонентов) с носителями (макрокомпонентами). Классификация носителей: изотопные, специфические, неспецифические. 8. Соосаждение с образованием смешанных кристаллов (сокристаллизация). 9. Изоморфная и изодиморфная сокристаллизация. Сокристаллизация с образованием кристаллов Гримма и аномальных смешанных кристаллов. 10. Основные количественные характеристики процесса сокристаллизации: константа Хлопина, коэффициент кристаллизации (D), константа кристаллизации (λ). 11. Принципы и экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения микроколичеств радионуклидов с макрокомпонентами. 12. Сокристаллизация как вид соосаждения. Изоморфизм и изодиморфизм. Закон Митчерлиха.
5	Процессы адсорбции в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация процессов адсорбции. 2. Математическое описание и основные закономерности процессов адсорбции на ионных кристаллах, коллоидных и аморфных осадках, на углях, стекле и бумажных фильтрах. 3. Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах. 4. Адсорбция радионуклидов. Виды адсорбции: на ионных кристаллах, на коллоидных и аморфных осадках, на стекле. 5. Первичная и вторичная адсорбция. 6. Основные методы исследования состояния радионуклидов в водных растворах. Метод адсорбции. 7. Гомогенное (равновесное) распределение радионуклида между твердой фазой и раствором. Закон Хлопина. 8. Гетерогенное распределение радионуклида между твердой фазой и раствором. 9. Первичная и вторичная адсорбция на полярных кристаллах.
6	Процессы жидкостной экстракции в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. 2. Основные классы экстрагентов, механизмы экстракционных процессов, влияние различных факторов на эффективность процесса. 3. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения.

		<p>4. Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах.</p> <p>5. Количественные характеристики экстракционных процессов: константа экстракции, коэффициент распределения, фактор разделения. Определение характеристик методом радиоактивных индикаторов.</p> <p>6. Жидкостная экстракция. Принцип метода. Основные термины и понятия. Количественные характеристики. Использование радиоактивных индикаторов для их определения.</p> <p>7. Классификация процессов жидкостной экстракции по типу экстрагента. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения.</p> <p>8. Практическое применение процессов жидкостной экстракции в радиохимической технологии. Достоинства и недостатки метода.</p> <p>9. Термодинамика процессов экстракции. Закон Бертло-Нернста. Константы экстракционных равновесий. Изотермы экстракции.</p> <p>10. 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	<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. Приведите уравнение материального баланса для катиона в системе состава: «$\text{CuSO}_4\text{-NH}_4\text{Cl-H}_2\text{O(NaOH)}$».</p>
8	Электрохимические процессы в радиохимии	<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 процес-</p>

		сах. 4. Формальные окислительно-восстановительные потенциалы: определение термина, соотношение между величинами формального и стандартного потенциалов. 5. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов). 6. Использование электрохимических процессов в радиохимии.
9	Получение и применение радиоактивных изотопов	1. Характеристики препаратов радиоактивных изотопов: радиохимическая чистота, радиохимический состав, объемная, массовая активности. 2. Определение термина «состояние» радионуклидов в различных средах. Общая характеристика состояния радионуклидов в жидкой, газовой и твердой фазах. 3. Получение радиоактивных изотопов в генераторах радионуклидов. 4. Общая характеристики методов получения радиоактивных изотопов. Радиохимическая и радиоизотопная чистота препаратов. Реакторные и циклотронные изотопы. 5. Определение термина «реакция изотопного обмена». Практические приемы исследования реакций изотопного обмена. 6. Метод меченых атомов. Стабильные и радиоактивные индикаторы. Достоинства и недостатки метода. Примеры использования.

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 (осеннего) семестра в форме решения разноуровневых задач 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	1. Определение предмета радиохимии. Особенности объектов исследования радиохимии. 2. Определение термина «состояние» радионуклидов в различных средах. Общая характеристика состояния радионуклидов в жидкой, газовой и твердой фазах. 3. Химические процессы при делении ядер; особенности α - и β -распада, испускание γ -квантов, закон радиоактивного распада, радиоактивные семейства, методы расчета активности в семействах

2	Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение радиоактивных изотопов. 2. Расчет времени облучения. 3. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней.
3	Процессы жидкостной экстракции в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация процессов жидкостной экстракции по типу экстрагента. 2. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения. 3. Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. 4. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, методы экспериментального определения. Основы расчета экстракционных каскадов.
4	Применение радиоактивных изотопов в химии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчет количества (части) β - излучения, проходящего через материалы с различной плотностью. 2. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. 3. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 4. Радиометрические измерения. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления.
Лабораторные занятия		
5	Применение радиоактивных изотопов в химии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Математическое описание и основные закономерности процессов соосаждения с изотопными, и специфическими носителями. 2. Уравнение Гендерсона-Кречека и Дерна-Хоскинса. Расчет каскада дробной кристаллизации. 3. Количественные характеристики эффективности извлечение радиоактивных изотопов (элементов) методом ионного обмена. 4. Расчет количества (части) β - излучения, проходящего через материалы с различной плотностью. 5. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. 6. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 7. Радиометрические измерения. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления. 8. Определите время распада 90% ядер ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3,82$ сут.).
6	Процессы соосаждения в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Математическое описание и основные закономерности процессов соосаждения с изотопными, и специфическими носителями. 2. Уравнение Гендерсона-Кречека и Дерна-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?

7	Хроматографические процессы в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Количественные характеристики эффективности извлечение радиоактивных изотопов (элементов) методом ионного обмена. 2. Сколько атомов гелия образуется в течение 1 года из 1 г ^{232}Th, находящегося в равновесии с продуктами распада?
8	Электрохимические процессы в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов). 2. Использование электрохимических процессов в радиохимии. 3. Сколько атомов гелия образуется в течение 1 года из 1 г ^{232}Th, находящегося в равновесии с продуктами распада?

Пример типового экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИ-
 ТЕТ
 ИМ. В.Г. ШУХОВА

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

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

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 " " _____ 20__ 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	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Полнота ответов на вопросы
	Объем освоенного материала
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Умение справляться с задачами, вопросами и другими видами применения знаний
	Умение обосновывать принятое решение при видоизменении заданий
	Умение применять теорию при решении практических заданий
	Умение сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы по полученным результатам
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Владеет приемами поиска информации из различной учебной литературы
	Анализ и обоснование результатов выполненных заданий
	Навыки теоретического и экспериментального исследований
	Владеет навыками планирования, постановки и обработки эксперимента

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, 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.
Знание основных закономерностей соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве	Знает основные закономерности процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве соотношения, принципы построения знаний, но не может их использовать для решения задач	Знает основные закономерности процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве; принципы осуществления радиохимических процессов, законы радиохимии, но допускает незначительные ошибки	Знает основные закономерности процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве; принципы осуществления радиохимических процессов, законы радиохимии, знает состояние радиоактивных элементов в жидкой, твердой и газовой фазах; основные свойства ядер, химическое состояние атомов, образующихся 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.	Квалифицированно и без ошибок может использовать знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач; умеет определять количественные характеристики экстракционного выделения и разделения; умеет рассчитывать коэффициенты распределения при сокристаллизации, ионном обмене или жидкостной экстракции
Умение справляться с задачами, вопросами и другими видами заданий применения знаний	Не справляется с простейшими задачами, вопросами и другими видами заданий	Допускает небольшие замечания при выполнении простейших задач, вопросов и других видов заданий	Грамотно и без ошибок справляется с простейшими задачами, вопросами и другими видами заданий	Грамотно и без ошибок справляется с простейшими и повышенной сложности задачами, вопросами и другими видами заданий
Умение обосновывать принятое решение при видоизменении заданий	Не может 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 применять теорию при решении практических заданий	Не знает теорию и не умеет ее применять при решении практических заданий	Знает теорию, но не умеет ее применять при решении практических заданий	Знает теорию, умеет ее применять при решении практических заданий, допуская незначительные ошибки	Знает и грамотно применяет теорию при решении практических заданий
Умение сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы по полученным результатам	Не умеет сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы по полученным результатам	Умеет сравнивать и сопоставлять полученные результаты без обобщения и выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы по полученным результатам, допуская незначительные ошибки	Грамотно и аргументировано умеет сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы по полученным результатам

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Не владеет навыками выбора методов получения и концентрирования радиоактивных нуклидов; методами соосаждения, адсорбции; экстракции, электрохимическими, хроматографическими для определения радиоактивных соединений; навыками теоретического и экспериментального исследований для выполнения полученного задания	Владеет навыками выбора методов получения и концентрирования радиоактивных нуклидов	Владеет навыками выбора методов получения и концентрирования радиоактивных нуклидов; методами соосаждения, адсорбции; экстракции, электрохимическими, хроматографическими для определения радиоактивных соединений	Владеет навыками выбора методов получения и концентрирования радиоактивных нуклидов; методами соосаждения, адсорбции; экстракции, электрохимическими, хроматографическими для определения радиоактивных соединений; навыками теоретического и экспериментального исследований для выполнения полученного задания
Владеет приемами поиска информации из различной учебной литературы	Не владеет приемами поиска информации из различной учебной литературы	Владеет приемами поиска информации из интернет-источников	Владеет приемами поиска информации из учебной литературы	Владеет приемами поиска информации из различной учебной литературы
Анализ и обоснование результатов выполненных заданий	Не владеет навыками по анализу и обоснованию результатов выполненных заданий	Владеет навыками по анализу, но не может обосновать результаты выполненных заданий	Владеет навыками по анализу и обоснованию результатов выполненных заданий, допуская незначительные ошибки	Владеет навыками по анализу и обоснованию результатов выполненных заданий
Навыки теоретического и экспериментального исследований	Не владеет навыками теоретического и экспериментального исследований	Владеет навыками теоретического исследования	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследований, допуская незначительные ошибки	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследований
Владеет навыками планирования, постановки и обработки эксперимента	Не владеет навыками планирования, постановки и обработки эксперимента	Владеет навыками планирования и постановки, без обработки результатов эксперимента	Владеет навыками планирования, постановки и обработки эксперимента, допуская незначительные ошибки	Владеет навыками планирования, постановки и обработки эксперимента

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
	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, УК№ 2, № 325	Специализированная мебель, компьютер, проектор, экран с электроприводом, доска магнитно-меловая, информационные стенды для проведения лекционных занятий.
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель. Персональные компьютеры под управлением ОС Windows, компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий УК № 2, № 301	Специализированная мебель, мультимедийный проектор, переносной экран, компьютер, лабораторные столы, вытяжные шкафы, сушильный шкаф, термостат, аналитические весы, электролизер, электрические плитки, рН-метр, информационные стенды, лабораторная посуда.
	Компьютерный класс кафедры для проведения практических занятий УК 2 № 327	Специализированная мебель. Персональные компьютеры под управлением ОС Windows, компьютерная техника, демонстрационный экран, диапроектор, плакаты, схемы, слайды

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№ п/п	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 19.08.2022г.
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. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Юрайт, 2017. - 407 с.- ISBN 978-5-534-00441-0
4. Практикум "Основы радиохимии и радиоэкологии". Под редакцией М.И. Афанасова, М.: Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008, 90с.
5. Бекман И.Н. Радиохимия в 2-х томах. Том 1. Фундаментальная радиохимия. М.: Изд-во Юрайт, 2014, 473с.
6. 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. umar.narod.ru.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год без изменений/с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО