

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

СОГЛАСОВАНОЮ
Директор института
магистратуры
Ярмоленко И. В.
« 17 » 05 2021 г.



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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Радиохимия и технология изотопов

направление 20.04.01 – Техносферная безопасность

профиль подготовки:

Радиационная и электромагнитная безопасность

Квалификация
магистр

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 – магистратура по направлению подготовки 20.04.01 Технологическая безопасность, утвержденного приказа Минобрнауки России от 25 мая 2020 г. № 678

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

Составитель (составители):

канд. хим. наук, профессор



(Л.В. Денисова)

(ученая степень и звание, подпись)

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » 05 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:



(В.И. Павленко)

(ученая степень и звание, подпись)

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Теоретической и прикладной химии

(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой:



(В.И. Павленко)

(ученая степень и звание, подпись)

(инициалы, фамилия)

« 13 » 05 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 2021 г., протокол № 9

Председатель



(Л.А. Порожнюк)

(ученая степень и звание, подпись)

(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-2 Способен оценивать и анализировать результаты контроля состояния безопасности объектов использования атомной энергии и разрабатывать мероприятия по её улучшению	ПК-2.3. 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; • технологические процессы разделения изотопов и радиоактивных веществ; • основные методы и способы обеспечения безопасности человека; • – основные виды радиационно-химических превращений. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • моделировать процессы разделения изотопов; • – определять оптимальные условия проведения технологических разделительных процессов. • применять на практике описание ядерных реакций, их механизм протекания; • – определять радиационную стойкость материалов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами выделения, разделения и концентрирования радиоактивных изотопов; • методами экспериментальных исследований (соосаждения, экстракции, хроматографии, электрохимическими методами) при выделении, разделении и концентрировании радиоактивных изотопов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. **Компетенция ПК-2** Способен оценивать и анализировать результаты контроля состояния безопасности объектов использования атомной энергии и разрабатывать мероприятия по её улучшению.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Радиохимия
2	Методы защиты от ионизирующих излучений

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации Зачетэкзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	90	90
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	72	36	36
лекции	17	17	-
лабораторные	17	-	17
практические	34	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	104	52	52
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задание			
Индивидуальное домашнее задание	9	9	
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	59	43	16
Зачет, экзамен	36		36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ 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. Физические основы радиохимии и радиационные технологии					
	Понятия «радиоактивный элемент», «радиоактивный изотоп». Изотопы, изобары, изотоны. Энергия и устойчивость ядра. 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. История развития радиационных технологий.	2	4	-	6
2. Распределение веществ между жидкой и твердой фазами					
	Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений. Классификация процессов осаждения. Внутренняя адсорбция. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Экстракция, основные понятия и определения. Экстракция нейтральными органическими веществами. Экстракция органическими кислотами и их солями. Экстракция органическими основаниями и их солями, типы экстрагентов, механизм и способы процесса экстракции. Применение экстракции в радиохимии.	2	4	2	
3. Получение и свойства радиоактивных изотопов и изотопные эффекты					
	Основные понятия и классификация изотопов. Выбор ядерной реакции. Требование к веществу мишени. Расчет времени облучения. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней. Получение радионуклидов для медицинских целей. Ядерные свойства изотопов. Свойства изотопов. Классификация изотопных эффектов.	2	4	-	
4. Методы разделения и применение радиоактивных изотопов					
	Элементарный эффект разделения. Молекулярно-кинетические методы разделения изотопов. Диффузионный метод разделения. Термодиффузионный метод разделения. Метод масс-диффузии. Центробежный метод разделения. Аэродинамический метод разделения. Оптические методы разделения изотопов. Плазменный метод разделения. Метод радиоактивных индикаторов. Радиометриче-	3	6	-	

	ские измерения и радиохимический анализ. Метод изотопного разбавления. Радиометрическое титрование				
1	2	3	4	5	6
5. Процессы соосаждения в радиохимии					
	Механизмы процессов соосаждения, типы носителей. Термодинамическая теория Ратнера процесса сокристаллизации. Константа Хлопина, коэффициент кристаллизации, постоянная кристаллизация. Влияние различных факторов на соосаждение. Экспериментальные приемы разграничения различных видов соосаждения. Практическое значение процессов соосаждения в радиохимии.	2	2	4	6
6. Процессы адсорбции и жидкостной экстракции в радиохимии					
	Классификация процессов адсорбции. Значение и практическое использование процессов адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах. 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.	2	2	6	6
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.	2	2	2	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. Использование электрохимических процессов в радиохимии.	2	2	3	8
9. Виды, области применения и проблемы безопасности радиационных технологий					
	Процессы, протекающие в веществах, при действии различных видов ионизирующих излучений. Радиационно-химические технологии. Радиационно-физические технологии. Радиационно-медико-биологические технологии. Методология оценки радиационного риска. Определение распределения доз внешнего облучения в организме человека. Внутреннее облучение человека. Расчет лучевой нагрузки. Пределы доз на медицинский персонал, пациентов и их родственников.		8	--	
ВСЕГО		17	34	17	108

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 № 2				
1	Физические основы радиохимии и радиационные технологии	Химические процессы при делении ядер; особенности α - и β -распада, испускание γ -квантов, радиоактивные семейства, методы расчета активности в семействах. Построение схемы распада нуклида по известному типу распада и максимальной энергии частиц	4	4
2	Распределение веществ между жидкой и твердой фазами	Экстракция нейтральными органическими веществами. Экстракция органическими кислотами и их солями. Экстракция органическими основаниями и их солями, типы экстрагентов, механизм и способы процесса экстракции.	4	4
3	Получение и свойства радиоактивных изотопов и изотопные эффекты	Получение радиоактивных изотопов. Расчет времени облучения. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней.	4	4
4	Методы разделения и применение радиоактивных изотопов	.Электромагнитное разделение. Газовая диффузия и противоточная масс-диффузия. Газовая и жидкостная термодиффузия. Газовое центрифугирование. Плазменное разделение. Аэродинамическая сепарация. Лазерное разделение изотопов. Химический обмен. Дистилляция. Электролиз. Изотопный обмен.	5	5
ИТОГО			17	17
Семестр 3				
4	Методы разделения и применение радиоактивных изотопов	Получение радиоактивных изотопов «с носителем» и «без носителя». Изотопные генераторы	1	1
5	Процессы соосаждения в радиохимии	Классификация процессов соосаждения. Соосаждение с изотопными, специфическими и неспецифическими носителями.	2	2
6	Процессы адсорбции и жидкостной экстракции в радиохимии	Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, методы Основы расчета экстракционных каскадов.	2	2
7	Хроматографические процессы в радиохимии	Классификация хроматографических методов. Коэффициенты распределения и разделения.	2	2

8	Электрохимические процессы в радиохимии	Кинетика электролитического выделения радионуклидов из растворов больших разведений.	2	2
9	Виды, области применения и проблемы безопасности радиационных технологий	Виды, направления и преимущества радиационных технологий. Радиационно-физические, радиационно-биологические технологии. Применение радиационных технологий в медицине. Внутреннее облучение человека. Расчет лучевой нагрузки.	8	8
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 № 3				
1	Получение и свойства радиоактивных изотопов и изотопные эффекты	Определение процентного содержания КСI в смеси КСI+NaCI	4	4
2	Процессы соосаждения в радиохимии	Методы радиометрических измерений. Регистрация радиоактивности	4	4
3	Хроматографические 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

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

На выполнение ИДЗ предусмотрено 9 часов самостоятельной работы студента по разделам 1-9.

Типовые задания ИДЗ

1. Проводится экстракция радиоактивного вещества из 12 мл водного раствора порциями органического экстрагента по 4 мл. Определите, сколько нужно провести последовательных экстракций, чтобы обеспечить значение фактора извлечения радиоактивного вещества, равное 98 %, если коэффициент распределения 3,6.

2. Определить содержание радиоактивных изотопов в 1 кг равновесной урановой руды, содержащей 0,1 % урана (естественной смеси изотопов). Содержание U^{238} (U_I) в естественной смеси изотопов – 0,992739, период полураспада U^{238} – $4,5 \cdot 10^9$ лет.

№ вариантов	1	2	3	4	5	6
Изотоп	$Th^{234}(UX_1)$	$Pa^{234}(UX_2)$	$U^{234}(U_{II})$	$Th^{230}(I_0)$	Ra^{226}	Rn^{222}
Период полураспада	24,1 дн.	1,18 мин.	$2,48 \cdot 10^5$ лет	$8,3 \cdot 10^4$ лет	1590 лет	3,825 дня
7	8	9	10	11	12	13
$Po^{218}(RaA)$	$Pb^{214}(RaB)$	$Bi^{214}(RaC)$	$Po^{214}(RaC')$	$Pb^{210}(RaD)$	$Bi^{210}(RaE)$	$Po^{210}(RaF)$
3,05 мин.	26,8 мин.	19,7 мин.	$1,64 \cdot 10^{-4}$ с.	22 года	5 дней	138,4 дня

3. В результате экстракции радиоактивного вещества из 10 мл водного раствора в 8 мл органического растворителя радиоактивность водной фазы уменьшилась в 3 раза. Рассчитайте коэффициент распределения.

4. Назовите основные электрохимические методы, применяемые для разделения радиоактивных веществ. В чем сущность каждого из них?

5. Приведите примеры электрохимического (бестокового) выделения радионуклидов.

6. Какими путями можно повысить эффективность электролитического выделения радионуклидов?

7. Приведите примеры выделения радионуклидов методами осаждения, дистилляции, выщелачивания.

8. Как используют для разделения радионуклидов методы, основанные на эффекте отдачи?

9. Радиочувствительность некоторых процессов и функций у растений.

10. Сравнительная радиочувствительность организмов различных систематических групп.

11. Приемы снижения поступления радиоактивных веществ в сельскохозяйственные растения.

Критерии оценивания выполнения индивидуального домашнего задания:

Оценка	Характеристика действий обучающихся
Зачтено	Обучающийся самостоятельно и правильно решил все задания своего варианта, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя законы и формулы.
Не зачтено	Обучающийся не самостоятельно решил задания своего варианта, не может последовательно и аргументировано излагать решение

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

- 1. Компетенция ПК 2.** Способен оценивать и анализировать результаты контроля состояния безопасности объектов использования атомной энергии и разрабатывать мероприятия по её улучшению

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК 2.3 Использует знания о явлении радиоактивности, ядерных реакциях, свойствах радиоактивных соединений при решении профессиональных задач	Защита лабораторных работ, решение практических заданий, собеседование, устный опрос, выполнение и защита ИДЗ, зачет, экзамен

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины: в форме зачета (1-й курс, 2-й семестр) и экзамена (2-й курс, 3-й семестр).

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

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

		<p>3. Состояние микроколичеств радионуклидов в твердой и газовой фазе.</p> <p>4. Явление удержания в процессах с участием атомов, образующихся при ядерных превращениях. Получение.</p> <p>5. Определение естественных радионуклидов. Пределы обнаружения. Точность.</p> <p>6. Методы изотопного разбавления в радиоаналитической химии. Субстехиометрические варианты метода. Радиометрическое титрование.</p> <p>7. Классификация реакций изотопного обмена: идеальный и неидеальный изотопный обмен, гомогенный и гетерогенный изотопный обмен, простые и сложные реакции изотопного обмена.</p> <p>8. Химическое состояние атомов, образующихся при ядерных превращениях. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи».</p> <p>9. Метод Сциларда – Чалмерса (эффект отдачи).</p> <p>10. Методы диализа и ультрафильтрации в исследовании состояния радионуклидов в водных растворах.</p>
3	Получение и свойства радиоактивных изотопов и изотопные эффекты	<p>1. Основные понятия и классификация изотопов.</p> <p>2. Классификация изотопных эффектов. Ядерные свойства изотопов.</p> <p>3. Свойства изотопов и области их применения</p> <p>4. Методы исследования коллоидного состояния радионуклидов.</p> <p>5. Механизмы реакций изотопного обмена. Термодинамические особенности реакций изотопного обмена.</p> <p>6. Определение термина «состояние» радионуклидов в различных средах. Общая характеристика состояние радионуклидов в жидкой, газовой и твердой фазах.</p> <p>7. Получение радиоактивных изотопов в генераторах радионуклидов.</p> <p>8. Общая характеристики методов получения радиоактивных изотопов. Радиохимическая и радиоизотопная чистота препаратов. Реакторные и циклотронные изотопы.</p> <p>9. Определение термина «реакция изотопного обмена». Практические приемы исследования реакций изотопного обмена.</p> <p>10. Метод меченых атомов. Стабильные и радиоактивные индикаторы. Достоинства и недостатки метода. Примеры использования.</p>
4	Методы разделения и применение радиоактивных изотопов	<p>1. Классификация методов выделения и разделения.</p> <p>2. Получение радиоактивных изотопов в генераторах радионуклидов.</p> <p>3. Общая характеристики методов получения радиоактивных изотопов. Радиохимическая и радиоизотопная чистота препаратов. Реакторные и циклотронные изотопы.</p> <p>4. Определение термина «реакция изотопного обмена». Практические приемы исследования реакций изотопного обмена.</p> <p>5. Классификация реакций изотопного обмена: идеаль-</p>

		<p>ный и неидеальный изотопный обмен, гомогенный и гетерогенный изотопный обмен, простые и сложные реакции изотопного обмена.</p> <p>6. Методы изотопного разбавления в радиоаналитической химии. Субстехиометрические варианты метода. Радиометрическое титрование.</p> <p>7. Механизмы реакций изотопного обмена. Термодинамические особенности реакций изотопного обмена.</p> <p>8. Радиохимическая и радиоизотопная чистота препаратов. Реакторные и циклотронные изотопы.</p> <p>9. Количественные характеристики реакций изотопного обмена: степень обмена, константа равновесия, константа скорости, Методы их определения.</p> <p>10. Характеристики препаратов радиоактивных изотопов: радиохимическая чистота, радиохимический состав, объемная, массовая активности.</p>
--	--	---

Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	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.
2	Процессы адсорбции и жидкостной экстракции 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

		<p>адсорбции в радиохимических исследованиях и производствах.</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 10. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, методы экспериментального определения. 11. Закономерности и классификация процессов жидкостной экстракции. 12. Основные классы экстрагентов, механизмы экстракционных процессов, влияние различных факторов на эффективность процесса. 13. Количественные характеристики экстракционного выделения и разделения, их физический смысл и методы экспериментального определения. 14. Практическое использование экстракционных процессов в радиохимических исследованиях и производствах. 15. Количественные характеристики экстракционных процессов: константа экстракции, коэффициент распределения, фактор разделения. Определение характеристик методом радиоактивных индикаторов. 16. Жидкостная экстракция. Принцип метода. Основные термины и понятия. Количественные характеристики. Использование радиоактивных индикаторов для их определения. 17. Классификация процессов жидкостной экстракции по типу экстрагента. Факторы, влияющие на эффективность экстракционного извлечения и разделения. 18. Практическое применение процессов жидкостной экстракции в радиохимической технологии. Достоинства и недостатки метода. 19. Термодинамика процессов экстракции. Закон Бертло-Нернста. Константы экстракционных равновесий. Изотермы экстракции.-
3	Хроматографические процессы в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение понятия «хроматографический метод». 2. Классификация методов хроматографии: <ul style="list-style-type: none"> - по механизму взаимодействия вещества с адсорбентом; - по технике эксперимента (фронтальная, элюентная, вытеснительная хроматография). 3. Ионообменная хроматография. Принцип метода. Виды ионообменных материалов. Количественные характеристики процесса. Уравнение Никольского. 4. Факторы, влияющие на эффективность разделения в процессах ионообменной хроматографии. Примеры практи-

		<p>ческого применения ионообменных процессов.</p> <p>5. Распределительная хроматография. Принцип метода. Количественные характеристики. Распределительная хроматография в колонке, на бумаге, в тонких слоях.</p> <p>6. 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>
4	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 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>
5	Виды, области применения и проблемы безопасности радиационных технологий	<p>1. История развития радиационных технологий.</p> <p>2. Виды радиационных технологий.</p> <p>3. Радиационно-химические технологии.</p> <p>4. Радиационно-физические технологии.</p> <p>5. Радиационно-медико-биологические технологии.</p> <p>6. Области применения радиационных технологий.</p> <p>7. Радиационные технологии в биологии.</p> <p>8. Метод меченых атомов.</p> <p>9. Исследования и модификации генома.</p> <p>10. Радиационные биотехнологии.</p>

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 курс, 2 семестр		
1	Физические основы радиохимии и радиационные технологии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение предмета радиохимии. Особенности объектов исследования радиохимии. 2. Определение термина «состояние» радионуклидов в различных средах. Общая характеристика состояние 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	Распределение веществ между жидкой и твердой фазами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Состояние микроколичеств радионуклидов в твердой и газовой фазе. 2. Явление удержания в процессах с участием атомов, образующихся при ядерных превращениях. Получение. 3. Определение естественных радионуклидов. Пределы обнаружения. Точность.
	Получение и свойства радиоактивных изотопов и изотопные эффекты	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение радиоактивных изотопов. 2. Расчет времени облучения. 3. Методы выделения радионуклидов из облученных мишеней. 4. Основные понятия и классификация изотопов. 5. Классификация изотопных эффектов. Развитие технологии разделения изотопов урана.
	Методы разделения и применение радиоактивных изотопов	<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.
2 курс, 3 семестр		
	Методы разделения и применение радиоактивных изотопов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятия «радиоактивный элемент», «радиоактивный изотоп». 2. Свойства радиоактивных изотопов. 3. Характеристики препаратов радиоактивных изотопов: радиохимическая чистота, радиохимический состав, объемная, массовая активности.
	Процессы соосаждения в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация процессов осаждения. 2. Математическое описание и основные закономерности процессов соосаждения с изотопными, и специфическими носителями. 3. Соосаждение радионуклидов (микрокомпонентов) с носителями (макрокомпонентами). Классификация носителей: изотопные, специфические, неспецифические. 4. Соосаждение с образованием смешанных кристаллов (сокристаллизация).

	Процессы адсорбции и 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. 5. Основы расчета экстракционных каскадов.
3	Хроматографические процессы в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация методов хроматографии: <ul style="list-style-type: none"> - по механизму взаимодействия вещества с адсорбентом; - по технике эксперимента (фронтальная, элюентная, вытеснительная хроматография). 2. Ионообменная хроматография. Принцип метода. Виды ионообменных материалов. Количественные характеристики процесса. Уравнение Никольского. 3. Факторы, влияющие на эффективность разделения в процессах ионообменной хроматографии. Примеры практического применения ионообменных процессов.
	Электрохимические процессы в радиохимии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формальные окислительно-восстановительные потенциалы: определение термина, соотношение между величинами формального и стандартного потенциалов. 2. Электрохимические методы выделения и разделения радиоактивных изотопов (элементов). 3. Использование электрохимических процессов в радиохимии.
4	Виды, области применения и проблемы безопасности радиационных технологий	<ol style="list-style-type: none"> 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.
Лабораторные занятия		
2 курс, 3 семестр		
5	Применение радиоактивных изотопов в химии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение понятий «атом отдачи (горячий атом)», «энергия отдачи», «форма стабилизации атома отдачи». 2. Радиометрические измерения. Радиоаналитическая химия. Метод изотопного разбавления. 3. 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 Дернера-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	Хроматорграфические 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
 УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ
 Дисциплина "Радиохимия и технология изотопов", направление 20.04.01

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 " " _____ 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, виды радиационных превращений, но допускает неточности формулировок. Допускает неточности при описании	Знает основные термины и определения законов радиохимии, радиоактивности, ядерных реакций, но допускает неточности формулировок. Излагает основные понятия, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе	Знает основные термины и определения радиоактивности, ядерных реакций, может корректно сформулировать их самостоятельно. Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные понятия

			<p>процессов при ядерных превращениях, но допускает неточности по описанию технологических процессов разделения изотопов и радиоактивных веществ</p>	<p>радиохимии, природу и сущность явлений и процессов, лежащих в основе процессов при ядерных превращениях. Правильно описывает технологические процессы разделения изотопов и радиоактивных веществ, основные методы и способы обеспечения безопасности человека.</p>
<p>Знание основных закономерностей соотношений, принципов</p>	<p>Не знает основных закономерностей процессов, лежащих в основе процессов при ядерных превращениях</p>	<p>Знает основные закономерности технологических процессов разделения изотопов и радиоактивных веществ; процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве соотношения, принципы построения знаний, но не может их использовать для решения задач</p>	<p>Знает основные закономерности технологических процессов разделения изотопов и радиоактивных веществ; процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве соотношения, принципы построения знаний, но допускает незначительные ошибки</p>	<p>Знает основные закономерности технологических процессов разделения изотопов и радиоактивных веществ; процессов адсорбции, экстракции и влияние различных факторов на эффективность процесса на производстве соотношения, принципы построения знаний, принципы осуществления радиохимических процессов, знает состояние радиоактивных элементов</p>
<p>Полнота ответов на вопросы</p>	<p>Не дает ответы на большинство вопросов</p>	<p>Дает неполные ответы на все вопросы</p>	<p>Дает ответы на вопросы, но не в полном объеме</p>	<p>Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы</p>
<p>Объем освоенного материала</p>	<p>Не знает значительной части материала дисциплины</p>	<p>Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей</p>	<p>Знает материал дисциплины в достаточном объеме</p>	<p>Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями</p>

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 выполнения задания	Не умеет использовать знания о моделировании процессов разделения изотопов. Умеет определять оптимальные условия проведения технологических разделительных процессов, Определять радиационную стойкость материалов, применять на практике описание ядерных реакций, их механизм протекания	Умеет использовать знания о моделировании процессов разделения изотопов. Умеет определять оптимальные условия проведения технологических разделительных процессов.	Умеет использовать знания о моделировании процессов разделения изотопов. Умеет определять оптимальные условия проведения технологических разделительных процессов. Определять радиационную стойкость материалов	Квалифицированно и без ошибок может использовать знания о моделировании процессов разделения изотопов. Умеет определять оптимальные условия проведения технологических разделительных процессов. Определять радиационную стойкость материалов, применять на практике описание ядерных реакций, их механизм протекания
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	Не знает теорию и не умеет ее применять при решении практических	Знает теорию, но не умеет ее применять при решении практических	Знает теорию, умеет ее применять при решении практических	Знает и грамотно применяет теорию при решении практических за-

практических заданий	заданий	заданий	ских заданий, допуская незначительные ошибки	даний
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 выделения, разделения и концентрирования радиоактивных изотопов; методами экспериментальных исследований (соосаждения, экстракции, хроматографии, электрохимическими методами) при выделении, разделении и концентрировании радиоактивных изотопов	Владеет навыками выбора методов выделения, разделения и концентрирования радиоактивных изотопов	Владеет навыками выбора методов выделения, разделения и концентрирования радиоактивных изотопов; методами экспериментальных исследований (соосаждения, экстракции)	Владеет навыками выбора методов выделения, разделения и концентрирования радиоактивных изотопов; методами экспериментальных исследований (соосаждения, экстракции, хроматографии, электрохимическими методами) при выделении, разделении и концентрировании радиоактивных изотопов
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. Жерин И.И., Амелина Г.Н. Основы радиохимии, методы выделения и разделения радиоактивных элементов. Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 196 с.
2. Красноперова А. П. Основы радиохимии и радиэкологии: Учебное пособие для вузов.- Харьков: Изд-во ХНУ им. В. Н. Каразина., 2010. 321с.
3. Рыжих А.П. Основы радиохимии: [учебное пособие] Изд. 2-е, перераб. - Новосибирск: НГПУ, 2010. - 129 с.

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. И.Н. Бекман. Радиохимия. Курс лекций. МГУ, 2006г. Электронный учебник. utar.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