

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н.Ельцина»

Институт Физико-технологический  
Кафедра Радиохимии и прикладной экологии



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

*Князев* С.Т. Князев

2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, РАДИОХИМИИ И ДОЗИМЕТРИИ

Рекомендована учебно-методическим советом Физико-технологического института  
для направлений подготовки и специальностей:



Код ОП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
18.05.02/02.01	Химическая технология материалов современной энергетики	Химическая технология материалов современной энергетики	5073	Б1.17

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Денисов Е.И.	к.х.н., доцент	доцент	радиохимии и прикладной экологии	
2	Недобух Т.А.	к.х.н., доцент	доцент	радиохимии и прикладной экологии	


Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Радиохимии и прикладной экологии [Кафедра, преподающая дисциплину]	06.03.2018	3	Воронина А.В.	
2	Редких металлов и наноматериалов [Выпускающая кафедра]			Рычков В.Н.	

\*При количестве выпускающих кафедр более 6 достаточно одобрения учебно-методических советов институтов, включающих выпускающие кафедры

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных программ и организации учебного процесса

  
Р.Х. Токарева

Председатель учебно-методического совета  
ФТИ

09.02 2018, протокол № 6

  
В.В. Зверев



# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, РАДИОХИМИИ И ДОЗИМЕТРИИ

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
18.05.02	Химическая технология материалов современной энергетики	17.10.2016	1291

## 1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

- ОПК-1 способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности;
- ОПК-2 способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов;
- ПК-3 способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию;
- ПК-4 способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды;
- ПК-6 способность проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные;
- ПК-7 способность обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения;
- ПК-8 готовность использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности;
- ПК-12 способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способность формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.

## 1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основной закон радиоактивного распада, кинетические закономерности радиоактивного распада, накопления и стационарности при описании семейств генетически связанных радионуклидов, включая активационные процессы и процессы эволюции продуктов деления ядер;
- методы выделения, разделения и концентрирования радионуклидов;
- основные источники и характер радиационного воздействия на окружающую среду;

- принципы обеспечения радиационной и ядерной безопасности и нормативные требования к организации работы с радиоактивными веществами.

Уметь:

- уметь применять на практике полученные знания по планированию, организации и проведению работ с радиоактивными изотопами;
- анализировать полученные результаты, объяснять особенности физико-химического поведения радионуклидов в технологических и природных системах, в процессах межфазного распределения;
- использовать «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной безопасности.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками практической работы с радиоактивными веществами в открытом и закрытом виде;
- методами организации безопасной работы с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений в соответствии с государственными нормативными документами;
- навыками использования правовых норм и требований в области радиационной безопасности в практической деятельности.

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

[описание междисциплинарных связей в структуре образовательной программы в соответствии с ОХОП (табл.3)]

1. Пререквизиты	Физика Общая и неорганическая химия Аналитическая химия Физическая и коллоидная химия
2. Кореквизиты*	
3. Постреквизиты*	Технология радиоактивных элементов и ядерного топлива Переработка облученного ядерного топлива Дозиметрия Защита от излучения

\* Данные поля заполняется в случае необходимости. Все остальные поля заполняются обязательно

### 1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины

Очная форма обучения

Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Учебные семестры, номер	
	Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)*	6	7
<b>Аудиторные занятия, час.</b>	<b>187</b>	<b>187</b>	<b>85</b>	<b>102</b>
Лекции, час.	68	68	34	34
Практические занятия, час.				

Лабораторные работы, час.	119	119	51	68
<b>Самостоятельная работа студентов, включая время, отводимое на все виды текущей аттестации, час.</b>	<b>137</b>	<b>28,05</b>	<b>41</b>	<b>96</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	36	<b>4,66</b>	<b>Экзамен, 18</b>	<b>Экзамен, 18</b>
<b>Общая трудоемкость по учебному плану, час.</b>	360	219,71	144	216
<b>Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.</b>	10		4	6

### 1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

В процессе освоения дисциплины «Основы ядерной физики, радиохимии и дозиметрии» формируются научные знания в области радиохимии, физико-химических основ радиохимических технологий, применения радиоактивных изотопов в научных исследованиях. Дисциплина включает изучение физических основ радиохимии, физико-химических аспектов ядерных технологий, метода радиоактивных индикаторов и его применения в области физической и аналитической химии. Знание биологического действия излучения является основой принципов и норм обеспечения радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений. Прививаются навыки практической работы с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений в соответствии с нормами и требованиями радиационной безопасности. Освоение дисциплины обеспечивает готовность использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности при организации и осуществлении работ с источниками ионизирующих излучений.

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
<b>P1</b>	Введение.	Открытие явления радиоактивности и естественных радиоактивных элементов. Открытие ядерных реакций и искусственной радиоактивности. Цепная реакция деления ядер и синтез трансурановых элементов.
<b>P2</b>	Основы ядерной физики и учение о радиоактивности.	
<b>P2 T1</b>	Основы современной теории ядра. Виды радиоактивного распада. Основной закон радиоактивного распада.	Основы современной теории ядра. Элементарные частицы и их основные характеристики. Основной закон радиоактивного распада. Постоянная распада. Период полураспада. Правило 10 периодов полураспада. Среднее время жизни радиоактивных ядер. Активность. Активность радиоактивных препаратов: абсолютная, относительная, удельная; размерность, основные и производные единицы измерения. Связь активности радионуклида с его массой. Виды радиоактивного распада, схемы и правила изображения.
<b>P2 T2</b>	Последовательный радиоактивный распад.	Последовательный радиоактивный распад. Генетически связанные радионуклиды. Анализ

	Радиоактивные равновесия.	временных зависимостей изменения числа ядер и активности дочернего радионуклида в генетически связанных парах. Радиоактивные равновесия. Подвижное радиоактивное равновесие, вековое радиоактивное равновесие: условия установления, время установления, соотношение активностей материнского и дочернего радионуклидов после установления равновесия. Случай отсутствия радиоактивного равновесия.
<b>Р 2 Т3</b>	Радиоактивное семейство, включающее несколько радионуклидов. Природные (естественные) радиоактивные семейства. Классификация радионуклидов	Радиоактивное семейство, включающее несколько радионуклидов. Формула Бейтмена. Природные (естественные) радиоактивные семейства. Установление равновесий в природных радиоактивных семействах. Классификация радионуклидов
<b>Р3</b>	Элементы радиометрии и спектрометрии.	
<b>Р3 Т1</b>	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом как физическая основа детектирования.	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом как физическая основа детектирования. Взаимодействие альфа-частиц и других тяжелых заряженных частиц с веществом; пробег, удельная ионизация, основные эмпирические закономерности. Взаимодействие бета-частиц с веществом, характеристика энергетического спектра бета-излучения. Потеря энергии электронами при прохождении их через вещество. Неупругое рассеяние, тормозное излучение. Количественные закономерности ослабления бета-излучения. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Фотоэлектрический эффект, характеристическое и рентгеновское излучение, эффект Оже. Эффект Комптона. Образование электронно-позитивных пар. Количественные закономерности ослабления электро-магнитного излучения.
<b>Р3 Т2</b>	Взаимодействие нейтронов с веществом.	Взаимодействие нейтронов с веществом. Ядерные реакции. Эффективное сечение захвата, размерность, единицы измерения. Уравнение активации, характеристика его параметров.
<b>Р3 Т3</b>	Детекторы ионизирующих излучений.	Детекторы ионизирующих излучений. Классификация детекторов ионизирующих излучений. Скорость счета. Понятие фона. Коэффициент счетности (эффективность регистрации). Ионизационные методы. Газовые ионизационные детекторы (ГИД). Вольтамперная характеристика ГИД, механизм образования разряда. Коэффициент газового усиления, лавинообразование. Гашение и его механизм. Фон и разрешающее время счетчиков. Камеры, пропорциональные счетчики, счетчики Гейгера-Мюллера. Рабочая (счетная)

		<p>характеристика счетчиков. Области применения газовых ионизационных детекторов. Твердотельные детекторы. Полупроводниковые детекторы (ППД) и принцип их действия. Материалы для изготовления ППД. Преимущества и недостатки ППД, области их применения.</p> <p>Сцинтилляционные методы. Сцинтилляторы (фосфоры). Люминесценция. Объяснение процесса возникновения вспышки на основании зонной теории твердого тела. Сцинтилляционные детекторы. Фон и счетная характеристика сцинтилляционных детекторов. Принципы конструкции регистрирующей аппаратуры со сцинтилляционными детекторами. Классификация сцинтилляторов. Преимущества и недостатки сцинтилляционных детекторов, области их применения.</p>
<b>Р3 Т 4</b>	Спектрометрия ядерных излучений.	<p>Спектрометрия ядерных излучений. Цель метода, особенности спектров излучения ядерных частиц и фотонов; сплошные и дискретные спектры. Аппаратурный спектр и объяснение его особенностей. Качественный и количественный анализы спектров. Виды спектрометров и их характеристики: эффективность, разрешение, качество.</p>
<b>Р4</b>	Основы дозиметрии и радиационной безопасности.	<p>Дозы радиационного облучения. Единицы измерения.</p> <p>Биологическое действие ионизирующих излучений. Детерминированные эффекты. Стохастические эффекты. Риск возникновения онкологических заболеваний. Генетические эффекты действия ионизирующих излучений. Оценка «малых доз». Пороговая и беспороговая концепции оценки малых доз.</p> <p>Характеристика радионуклидов как источников ионизирующих излучений. Внешнее облучение. Внутреннее облучение. Минимально значимая активность.</p> <p>Радиационная безопасность. Основные документы, регламентирующие работу с источниками ионизирующих излучений: НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010. Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения. Организация работ с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений.</p>
<b>Р5</b>	Математическая обработка результатов измерения радиоактивности.	
<b>Р5 Т 1</b>	Погрешность измерения. Понятие о случайной величине и законе распределения.	<p>Погрешность измерения. Понятие о случайной величине и законе распределения. Источники погрешностей, систематические и случайные погрешности, грубые промахи. Понятие</p>

		о случайной величине и законе распределения. Нормальный закон распределения. Генеральная и выборочная совокупности. Выборка и выборочные характеристики.
<b>P5 T2</b>	Радиоактивность как статистическое явление. Распределение Пуассона.	Радиоактивность как статистическое явление. Распределение Пуассона. Биномиальное распределение и композиция испытаний как модель радиоактивного распада. Распределение Пуассона и его связь с биномиальным и нормальным распределениями. Случайные погрешности радиометрических определений.
<b>P5 T3</b>	Выдвижение и проверка статистических гипотез. Оценка неизвестных параметров распределения. Построение доверительных интервалов.	<p>Выдвижение и проверка статистических гипотез. Оценка неизвестных параметров распределения. Построение доверительных интервалов.</p> <p>Понятие статистической гипотезы. Проверка статистических гипотез, выдвигаемых при обработке результатов измерения радиоактивности, и построение доверительных интервалов. Ошибки первого и второго рода.</p> <p>Некоторые специальные распределения, применяемые при интервальном оценивании и статистической проверке гипотез. Распределения, связанные с нормальным (<math>t</math>, <math>\chi^2</math> и <math>F</math>).</p> <p>Оценка неизвестных параметров распределения. Доверительный интервал, доверительные границы, доверительная вероятность, уровень значимости.</p> <p>Проверка гипотезы о пуассоновском характере распределения результатов измерения активности.</p> <p>Гипотеза о совпадении эмпирического распределения с теоретическим. Влияние грубых погрешностей. Гипотезы о дисперсиях и средних. Порядок действий при проверке статистических гипотез, относящихся к двум сериям независимых измерений радиоактивности.</p> <p>Оценка результатов косвенных измерений.</p>
<b>P6</b>	<b>Физико-химические особенности состояния и поведения вещества в микроконцентрациях</b>	
<b>P6T1</b>	Значение микроконцентрационного уровня растворов в общей и прикладной радиохимии	Понятие и границы микроконцентрационного уровня. Особенности поведения радионуклидов-микрокомпонентов в водных растворах
<b>P6T2</b>	Формы состояния радионуклидов-микрокомпонентов в водных растворах	<p>Ионо-дисперсное состояние микрокомпонентов в растворах. Комплексные соединения. Моноядерный и полиядерный гидролиз.</p> <p>Коллоидообразование. Гетерогенность и дисперсность. Строение мицеллы. Устойчивость коллоидов. Истинные коллоиды. Термодинамический анализ условий образования осадков, образующихся при химическом взаимодействии веществ. Псевдоколлоиды: определение, природа</p>



		процессов, приводящих к их образованию. Современные взгляды на природу радиоколлоидов.
<b>Р6Т3</b>	Экспериментальные методы исследования форм состояния радионуклидов в водных растворах	Методы межфазного распределения. Электрохимические методы. Коллоидно-химические методы. Возможности экспериментальных методов для установления природы коллоидного состояния радионуклидов.
<b>Р7</b>	<b>Процессы межфазного распределения радионуклидов</b>	
<b>Р7Т1</b>	Основные типы процессов межфазного распределения	Основные термины, характеризующие процесс межфазного распределения: разделение, концентрирование, выделение, обогащение. Общая классификация методов межфазного распределения. Основные методы межфазного распределения, применяемые в радиохимии и радиоаналитике.
<b>Р7Т2</b>	Статика, кинетика и динамика межфазного распределения	Статика межфазного распределения. Изотерма Генри, изотерма Лэнгмюра. Влияние величины рН, концентрации лиганда, концентрации катиона солевого фона и $[m]$ на равновесное распределение радионуклида между фазами для случая коллектора в форме катиона солевого фона. Использование этих зависимостей для разделения радионуклидов. Основные закономерности массопереноса в гетерогенных системах. Принцип лимитирующей стадии. Кинетические режимы. Динамика межфазного распределения радионуклидов. Ионообменная, экстракционная, осадочная, тонкослойная и бумажная хроматография. Фронтальный, элюентный и вытеснительный хроматографический анализ. Удерживаемый объем, его связь с коэффициентом распределения.
<b>Р8</b>	<b>Применение радионуклидов и ионизирующих излучений в неорганической, физической и аналитической химии</b>	Применение естественных и искусственных радионуклидов в аналитической химии. Метод изотопного разбавления. Активационный анализ. Радиохимический анализ и определение радионуклидов в окружающей среде. Использование метода радиоактивных индикаторов для определения констант, исследования закономерностей процессов в гомогенных и гетерогенных системах.

*\*Дисциплина может содержать деление только на разделы, без указания тем, либо только темы*

### **3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)**

#### **3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения**





#### 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторный практикум

##### 6 семестр

Код раздела, темы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P4	Организация работ с радиоактивными веществами в закрытом и открытом виде.	4
P3	Измерение активности радионуклидов с помощью счетчиков ядерных излучений.	6
P3	Рабочая характеристика счетчиков ионизирующих излучений	6
P3	Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом	5
P3	Определение энергии $\gamma$ -излучения и активности препарата с помощью сцинтилляционного $\gamma$ -спектрометра.	6
P3	Определение энергии $\beta$ -излучения путем анализа кривых ослабления.	6
P5	Радиоактивность как статистический процесс. Проверка гипотезы о пуассоновском характере распределения результатов измерения активности. Роль грубых погрешностей.	6
P5	Оценка результатов измерения радиоактивности. Построение доверительного интервала для определяемой величины. Сравнение дисперсий и средних, вычисленных по нескольким независимым спискам.	6
P5	Определение погрешности результатов косвенных измерений.	6

**Всего: 51**

##### 7 семестр

Код раздела, темы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P6	Определение состояния радионуклидов в растворе методом ультрафильтрации	8
P6	Исследование состояния тория-234 в водном растворе сорбционным методом	8
P7	Сорбционные методы концентрирования радионуклидов из природных вод и технологических растворов	6
P7	Влияние концентрации фонового электролита на процессы межфазного распределения радионуклидов	8
P7	Определение кинетического режима сорбции цезия неорганическими сорбентами из природных вод	8
P7	Разделение радионуклидов тория и урана в динамических	8

	условиях	
P8	Определение активности почвы методами $\beta$ -радиометрии и $\gamma$ -спектрометрии	8
P8	Применение изотопных генераторов для получения короткоживущих радионуклидов	6
P8	Экспрессный радиохимический анализ водных сред с применением сорбционного концентрирования	8

**Всего: 68**

#### **4.2. Практические занятия**

«не предусмотрено»

#### **4.3. Самостоятельная работа студентов**

##### **4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ**

1. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом как физическая основа детектирования.
2. Взаимодействие нейтронов с веществом. Ядерные реакции.
3. Спектрометрия ядерных излучений.

##### **4.3.2. Примерный перечень тем графических работ**

«не предусмотрено»

##### **4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**

«не предусмотрено»

##### **4.3.4. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)**

1. Расчет форм состояния микрокомпонентов-радионуклидов в зависимости от pH и состава раствора.
2. Расчет растворимости труднорастворимых соединений в зависимости от pH и состава раствора.
3. Определение условий образования истинных и псевдоколлоидов радионуклидов в водных растворах различного состава.

##### **4.3.5. Примерный перечень тем расчетно-графических работ**

«не предусмотрено»

##### **4.3.6. Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)**

«не предусмотрено»

##### **4.3.7. Примерный перечень тем контрольных работ**

- 1 Основы современной теории ядра.
- 2 Основные виды радиоактивных превращений.
- 3 Основной закон радиоактивного распада.
- 4 Радиоактивные равновесия.
- 5 Основные характеристики процессов межфазного распределения

##### **4.3.8. Примерная тематика коллоквиумов**

1. Закономерности статистики, кинетики и динамики сорбции радионуклидов.
2. Влияние форм состояния радионуклидов на статистику, кинетику и динамику сорбции

## 5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

[указываются методы обучения, используемые в процессе освоения дисциплины, ненужные строки удаляются]

Код раздела, темы дисциплины	Активные и интерактивные методы обучения	Формы учебных занятий и виды учебной работы											
		Лекция	Практич., семинар. занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа	Графическая работа	Реферат, эссе, творч. работа	Расчетная работа (программный продукт)	Расчетно-графич. работа	Курс. проект (работы)	Контрольная работа	Коллоквиум
P1	Методы активного обучения	+											
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	+											
P2	Методы активного обучения	+										+	
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	+											
P3	Методы активного обучения	+		+									
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	+			+								
	Командная работа				+								
P4	Методы активного обучения	+		+									
	Командная работа				+								
P5	Методы активного обучения	+		+									
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)				+								
	Командная работа				+								
P6	Методы активного обучения	+		+						+			

	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	+		+									
	Командная работа			+									
Р7	Методы активного обучения	+		+								+	+
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	+		+									
	Командная работа			+									
Р8	Методы активного обучения	+		+									
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	+		+									
	Командная работа			+									

## 6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

[Заполняется в соответствии с Технологической картой БРС]

### 6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана – к дисц.

В том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов, если они предусмотрены – к курс. (утверждается по предложению выпускающей кафедры учебно-методическим советом института)

### 6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

#### Семестр 6

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 0,5</b>		
Текущая аттестация на лекциях (перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время лекций, в том числе, связанные с самостоятельной работой студентов – СРС)	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	VI, 1-8 неделя	20
Домашняя работа	VI, 1-8 неделя	50
Контрольная работа	VI, 1-8 неделя	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.=0,5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек.=0,5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак.=0,0 (не предусмотрено)</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– к тек.прак.=0,0 (не предусмотрено)</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– к пром.прак. = 0,0 (не предусмотрено)</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – к лаб. =0,5</b>		

Текущая аттестация на лабораторных занятиях ( <i>перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время лабораторных занятий, в том числе, связанные с самостоятельной работой студентов – СРС</i> )	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение лабораторных работ</i>	VI, 9-17 неделя	20
<i>Отчеты по лабораторным работам</i>	VI, 9-17 неделя	30
<i>Защита отчетов по лабораторным работам</i>	VI, 9-17 неделя	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – к тек.лаб.=1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям– к пром.лаб. =0,0 (не предусмотрено)</b>		

## Семестр 7

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 0,6</b>		
Текущая аттестация на лекциях ( <i>перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время лекций, в том числе, связанные с самостоятельной работой студентов – СРС</i> )	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	VI, 1-8 неделя	15
<i>Коллоквиум</i>	VI, 1-8 неделя	35
<i>Расчетная работа</i>	VI, 1-8 неделя	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.=0,4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек.=0,6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. =0,0 (не предусмотрено)</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– к тек.прак.=0,0 (не предусмотрено)</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– к пром.прак. = 0,0 (не предусмотрено)</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – к лаб. =0,4</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях ( <i>перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время лабораторных занятий, в том числе, связанные с самостоятельной работой студентов – СРС</i> )	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение лабораторных работ</i>	VI, 9 -17 неделя	20
<i>Отчеты по лабораторным работам</i>	VI, 9 -17 неделя	30
<i>Защита отчетов по лабораторным работам</i>	VI, 9 -17 неделя	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям– к тек.лаб.=1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям– к пром.лаб. =0,0 (не предусмотрено)</b>		

### 6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы

Не предусмотрено

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта ( <i>перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время выполнения курсовой работы</i> )	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Поиск и анализ источников</i>		
<i>Проведение эксперимента</i>		
<i>Проектирование ....</i>		
<i>Формирование содержания курсовой работы</i>		
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – к тек.курс.=0,0</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – к пром.курс.=0,0 (не предусмотрено)</b>		



#### 6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п
<i>Семестр 6</i>	<i>к сем. 1=0,5</i>
<i>Семестр 7</i>	<i>к сем. 2=0,5</i>

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 7.1. Рекомендуемая литература

##### 7.1.1. Основная литература

1. Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 560 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2722>. — Загл. с экрана.
2. Алиев, Р.А. Радиоактивность [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4973>. — Загл. с экрана.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 2009. 77 с.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). М. Минздрав России 2010. 82 с.
5. Недобух, Т.А. Основы радиохимии и дозиметрии: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / Т.А. Недобух, А.В. Воронина, А.С. Кутергин. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 136 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98409>. — Загл. с экрана.
6. Сапожников, Ю.А. Радиоактивность окружающей среды: теория и практика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Ю.А. Сапожников, Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 289 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66231>. — Загл. с экрана.

##### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Бекман И.Н. Радиохимия: лекции. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. 568 с.
2. Сахаров В.К. Радиоэкология: учебное пособие /В.К. Сахаров. СПб. : Издательство «Лань», 2006. 320 с.
3. Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода: Учеб. пособие для ун-тов/ В.Б.Лукьянов, С.С.Бердоносов, И.О.Богатырев и др. Под ред. В.Б.Лукьянова. М.:Высш.шк., 1985.
4. Герфорт Л. Практикум по радиоактивности и радиохимии/ Л. Герфорт, Х. Кох, К. Хюбнер М.: Мир, 1984.
5. Несмеянов А.Н. Радиохимия. М.:Химия, 1979. 559с.
6. Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода: Учеб. пособие для ун-тов/В.Б.Лукьянов, С.С.Бердоносов, И.О.Богатырев и др.; Под ред. В.Б.Лукьянова. М.:Высш.шк., 1985.
7. Коробков В.И., Лукьянов В.Б. Методы приготовления препаратов и обработка результатов измерений радиоактивности. М.:Атомиздат, 1973.

##### 7.1.3. Методические разработки

1. Бетенеков Н.Д., Денисов Е.И., Пузако В.Д. Элементы радиометрии и спектрометрии ионизирующих излучений. Учебное пособие. 2-е изд. исправл. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2007. 72 с. (с грифом УМО)
2. Ю.В.Егоров, Н.Д. Бетенеков, В.Д. Пузако, Е.И. Денисов Измерение радиоактивности и математическая обработка результатов измерений. Учебное пособие: Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 40 с.
3. Егоров Ю.В., Бетенеков Н.Д., Пузако В.Д. Радиоактивность и смежные проблемы. Часть 1. (Физические основы радиоактивности)/ Учебное пособие по курсу «Радиоэкология». – Екатеринбург; УГТУ-УПИ, 2000. 130 с.
4. Бетенеков Н.Д., Недобух Т.А. Основы радиохимии: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 207 с
5. Воронина А.В., Бетенеков Н.Д., Недобух Т.А. Прикладная радиоэкология: учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. 224 с.

## **7.2. Программное обеспечение**

1. Программное обеспечение обработки альфа- и гамма- спектров в составе спектрометров «AnGamma» и «Прогресс».
2. Программы обработки и представления результатов Excel.

## **7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> Elibrary - научная электронная библиотека
2. <http://libscience.narod.ru> Libscience - научная библиотека
3. <http://lib.urfu.ru> Библиотека УрФУ

## **7.4. Электронные образовательные ресурсы**

1. <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/6486> – УМК ИОП «Радиоэкология»
2. [http://study.ustu.ru/view/aid\\_view.aspx?AidId=7256](http://study.ustu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=7256) – УМК ИОП «Радиохимия»
3. [http://study.ustu.ru/view/aid\\_view.aspx?AidId=8037](http://study.ustu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=8037) – УМК ИОП «Основы ядерной физики, радиохимии и дозиметрии»

## **7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины основано на знании теоретических основ физики, аналитической, физической и коллоидной химии. Для качественного освоения содержания дисциплины необходимо постоянно разбирать материал лекций по конспектам, самостоятельно дополнять полученные знания, используя дополнительную литературу, интернет-ресурсы. Для выполнения домашних и расчетных работ необходимо свободное и творческое использование полученных знаний. Лабораторный практикум прививает навыки работы с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений в соответствии с требованиями охраны труда, радиационной безопасности, что является необходимым условием дальнейшей профессиональной деятельности. Качественное выполнение домашних, расчетных и лабораторных работ является необходимым условием получения высокой оценки на этапе промежуточной аттестации и повышает общий рейтинг студента.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

### 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

### **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий «не предусмотрено»**

**8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

#### ***6 семестр***

1. Определить  $\beta^-$ -активность 1 г  $KCl$ , обусловленную  $^{40}K$ , если его содержание в природной смеси изотопов – 0,0119%, ( $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^9$  лет). Он имеет сложную схему распада: 11%  $K$ -захват, 89%  $\beta^-$ -распад.
2. Определить удельную активность урана с обогащением 4% по урану  $^{235}U$ .
3. Рассчитать радионуклидную чистоту препарата  $Sr-90$  на момент приготовления, если через 0,5 года его РНЧ= 99%. В качестве радиоактивной примеси в препарате присутствует  $Sr-89$  (период полураспада 54 сут.).
4. Определить период полураспада  $Pu-239$ , если активность 20 мкг этого изотопа - 46 кБк.
5. Один грамм  $Ra-226$  ( $T_{1/2} = 1620$  лет) образует за год 43 мм<sup>3</sup> гелия (при нормальных условиях). Основываясь на этих данных, определите число Авогадро.

#### ***7 семестр***

1. Рассчитайте коэффициент распределения  $Cs-137$  между катионитом и водным раствором по следующим данным: скорость счета исходного раствора -  $10^4$  имп./мин., скорость счета равновесного раствора - 1000 имп./ мин., масса ионита - 1 г, объем раствора - 100 мл.
2. Рассчитайте степень извлечения  $Cs-137$  сорбентом Т-35 ( $K_d = 10^5$  мл/г), если объем раствора - 250 мл, а масса сорбента - 100 мг.
3. Какое максимальное значение коэффициента концентрирования может быть достигнуто при извлечении стронция-90 из раствора объемом 10<sup>3</sup>л, если объем сорбента составляет 100 мл и 10 мл.
4. Рассчитайте значение коэффициента очистки, если степень извлечения равна 0,9; 0,99.
5. Постройте выходные кривые сорбции  $Sr-90$  и  $Y-90$  в условиях фронтальной и элюентной хроматографии: масса сорбента — 0,1 г, коэффициент распределения  $Sr-90$  100 мл/г,  $Y-90$  - 1000 мл/г.

**8.3.3. Примерные контрольные кейсы**

«не предусмотрено»

**8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**

«не предусмотрено»

**8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

#### ***6 семестр***

1. Основной закон радиоактивного распада. Дифференциальная и интегральная формы.
2. Взаимодействие альфа-частиц и других тяжелых заряженных частиц с веществом; пробег,

- удельная ионизация, основные эмпирические закономерности.
3. Постоянная радиоактивного распада. Период полураспада. Правило 10 периодов полураспада.
  3. Взаимодействие бета-частиц с веществом, характеристика энергетического спектра бета-излучения.
  5. Активность. Размерность, основные и производные единицы измерения. Связь активности радионуклида с его массой.
  6. Количественные закономерности ослабления бета-излучения. Линейный и массовый коэффициенты ослабления бета-излучения.
  7. Определение периода полураспада (постоянной распада).
  8. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Фотоэлектрический эффект, характеристическое рентгеновское излучение, эффект Оже. Эффект Комптона. Образование электронно-позитронных пар.
  9. Виды радиоактивного распада, схемы радиоактивного распада, правила изображения.
  10. Экспоненциальный закон ослабления электромагнитного излучения (гамма-излучения). Коэффициент ослабления, его физический смысл, размерность; (линейный коэффициент ослабления, массовый коэффициент ослабления), составляющие.
  11. Радиоактивные равновесия. Подвижное радиоактивное равновесие: необходимые и достаточные условия его достижения, особенности подвижного равновесия, графическое изображение зависимостей в полулогарифмических координатах.
  12. Взаимодействие нейтронов с веществом. Эффективное сечение захвата, размерность, единицы измерения.
  13. Вековое радиоактивное равновесие: необходимые и достаточные условия его достижения. Время достижения состояния векового равновесия.
  14. Уравнение активации, характеристика его параметров. Применение активации в анализе: абсолютный и относительный методы.
  15. Радиоактивное семейство, включающее несколько радионуклидов. Формула Бейтмена.
  16. Скорость счета. Коэффициент счетности (эффективность регистрации).
  17. Природные (естественные) радиоактивные семейства.
  18. Вольтамперная характеристика ГИД, механизм образования разряда.
  19. Классификация радионуклидов.
  20. Газовые ионизационные детекторы (ГИД). Фон и разрешающее время счетчиков. Коэффициент газового усиления, лавинообразование. Гашение и его механизм.
  21. Рабочая (счетная) характеристика ГИД.
  22. Проверка гипотезы о пуассоновском характере распределения результатов измерения активности. Гипотеза о совпадении эмпирического распределения с теоретическим.
  23. Полупроводниковые детекторы (ППД) и принцип их действия. Преимущества и недостатки ППД, области их применения.
  24. Источники погрешностей, систематические и случайные погрешности, грубые промахи.
  25. Сцинтилляционные методы. Объяснение процесса возникновения вспышки на основании зонной теории твердого тела.
  26. Генеральная и выборочная совокупности. Выборка и выборочные характеристики.
  27. Сцинтилляционные детекторы. Фон и счетная характеристика сцинтилляционных детекторов. Преимущества и недостатки сцинтилляционных детекторов, области их применения.
  28. Распределение Пуассона и его связь с биномиальным и нормальным распределениями.
  29. Спектрометрия ионизирующих излучений. Цель метода, особенности спектров излучения ядерных частиц и фотонов; сплошные и дискретные спектры.
  30. Оценка неизвестных параметров распределения. Доверительный интервал, доверительные границы, доверительная вероятность, уровень значимости.
  31. Аппаратурный гамма- спектр и его особенности.
  32. Гипотезы о дисперсиях и средних. Порядок действий при проверке статистических гипотез,

относящихся к двум сериям независимых измерений радиоактивности.

33. Качественный и количественный анализы спектров. Источники погрешностей измерения.
34. Оценка неизвестных параметров распределения и другие примеры интервальных оценок из практики обработки результатов измерения радиоактивности.

### **7 семестр**

1. Формы состояния микрокомпонентов-радионуклидов в водных растворах. Истинные коллоиды. Псевдоколлоиды: определение, природа процессов, приводящих к их образованию.
2. Основные термины, характеризующие процесс межфазного распределения: разделение, концентрирование, выделение.
3. Количественные характеристики процессов межфазного распределения: степень извлечения, распределительное отношение, коэффициент распределения, коэффициент разделения, коэффициент концентрирования, коэффициент очистки.
4. Общая классификация методов межфазного распределения
5. Кинетика межфазного распределения радионуклидов. Принцип лимитирующей стадии.
6. Статика межфазного распределения радионуклидов. Изотермы сорбции. Гиперболическая изотерма. Закон Генри.
7. Лабильные и инертные системы.
8. Влияние величины рН, состава раствора на равновесное распределение радионуклида между фазами.
9. Динамика межфазного распределения радионуклидов. Хроматографические методы выделения радионуклидов. Фронтальный, элюентный и вытеснительный хроматографический анализ. Удерживаемый объем, его связь с коэффициентом распределения.
10. Применение радионуклидов и ионизирующих излучений в аналитической химии.
11. Применение радионуклидов в неорганической и физической химии.

### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

«не используются»

### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

«не используются»

### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

«не используются»

### **8.3.9. Примерные задания в составе домашней работы**

1. Рассмотрите механизмы взаимодействия  $\beta$ -излучения с веществом
2. Запишите экспоненциальный закон ослабления  $\beta$ -излучения. Определите границы его корректного использования. Введите понятия линейного и массового коэффициентов ослабления. От чего они зависят.
3. Опишите алгоритм идентификации  $\beta$ -радионуклидов с резко отличающимися значениями максимальной энергии путем анализа кривых ослабления.
4. Рассмотрите механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Прокомментируйте отличия закономерностей ослабления  $\gamma$ -излучения от закономерностей ослабления  $\beta$ -излучения.
5. Дайте определение качественного и количественного анализа источников ионизирующего излучения. Приведите алгоритм действий при идентификации радионуклидов.

6. Опишите работу амплитудного анализатора. Объясните принцип построения амплитудного распределения, дайте определения «номера канала», «живого», «мертвого», текущего времени.
7. Аппаратурный спектр и его составляющие. Объясните особенности формы аппаратурного  $\gamma$ -спектра для детекторов разных типов. Дайте определение пика полного поглощения (ППП).
8. Опишите принцип работы сцинтилляционного детектора. Объясните механизм регистрации  $\gamma$ -излучения и возникновения полезного сигнала с привлечением зонной теории твердого тела.

### 8.3.10. Примерные задания в составе расчетной работы

Для выполнения задания подобрать в литературе и проанализировать значения используемых констант (комплексообразования, гидролиза, произведения растворимости). Привести формулы, используемые для расчета. Результаты представить в виде таблиц и графиков. Сделать выводы и прокомментировать полученные результаты

- 1 Построить кривые растворимости гидроксида тория от pH. Общая аналитическая концентрация в растворе фторидов:  $10^{-1}$  и  $10^{-2}$  моль/л.
- 2 Рассчитать долю коллоидов гидроксида тория в зависимости от pH в растворе NaCl (0,5 моль/л) с учетом образования гидроксокомплексов и без учета образования гидроксокомплексов.  $C_{Th} = 10^{-1}$  г/л.
- 3 Определить условия образования осадка гидроксида бериллия в растворе, содержащем КП (  $10^{-2}$  моль/л).  $C_{Be} = 10^{-3}$  г/л
- 4 Рассчитать формы состояния цинка в зависимости от pH в растворе, содержащем  $NH_3$   $10^{-2}$  моль/л и  $10^{-1}$  моль/л.
- 5 Определить область образования собственной фазы  $Ag_2S$  в зависимости от pH в растворе NaCl (0 и 0,1 моль/л) Концентрация  $H_2S$   $10^{-1}$  моль/л.  $C_{Ag} = 10^{-3}$  г/л.
- 6 Определить условия образования осадка гидроксида тория в растворе, содержащем КП (  $10^{-2}$  моль/л).  $C_{Th} = 0.02$  г/л
- 7 Рассчитать формы состояния урана в зависимости от pH в растворе, содержащем  $CO_3^{2-}$  ( $C = 10^{-2}$  моль/л) и  $C_2O_4^{2-}$  ( $C = 10^{-2}$  моль/л). Дана общая аналитическая концентрация лигандов.
- 8 Построить кривые растворимости гидроксида алюминия в зависимости от pH. Концентрация в растворе  $F^-$ : 0 и  $10^{-3}$  моль/л. Дана общая аналитическая концентрация лиганда.
- 9 Рассчитать долю коллоидов гидроксида циркония в зависимости от pH с учетом образования гидроксокомплексов и без учета образования гидроксокомплексов. Концентрация в растворе  $SO_4^{2-}$   $10^{-1}$  моль/л,  $C_{Zr} = 10^{-3}$  моль/л.

### 8.3.11. Примерные задания в составе коллоквиума

- 1 Дать определение истинных коллоидов. Проанализировать условия их образования.
- 2 Дать определение псевдоколлоидов. Описать процессы их образования.
- 3 Общая классификация методов межфазного распределения. Их применение для решения задач концентрирования, разделения и выделения радионуклидов.
- 4 Принцип лимитирующей стадии. Кинетические режимы сорбции
- 5 Лабильные и инертные системы радионуклидов. Определение форм состояния радионуклидов сорбционным методом.
- 6 Дать характеристику хроматографических методов выделения и разделения радионуклидов. Привести факторы, повышающие эффективность разделения.

### 8.3.12. Примерные задания в составе контрольной работы

- 1 Построить схему распада  $^{144}\text{Ce}$  ( $T_{1/2}=285$  сут) по следующим данным:  $E_{\max}(\beta^-)$ : 0,13 (7%), 0,175 (26%), 0,252 (6%), 0,309 (61%) МэВ. Энергия  $\gamma$ -квантов: 0,06, 0,077, 0,134, 0,175 МэВ. Полная энергия распада 0,309 МэВ.
- 2 Определить массу  $10^3$  Бк  $^{233}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 1,6 \cdot 10^5$  лет)
- 3 Рассчитать активность  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  ( $T_{1/2}=6$  час), накопившегося в препарате  $^{99}\text{Mo}$  ( $T_{1/2}=66$  час) активностью  $10^9$  Бк. Возраст препарата 1 месяц.
- 4 Устанавливается ли радиоактивное равновесие в генетически связанной паре  $^{228}\text{Ra}$  ( $T_{1/2}=6,7$  лет)  $\rightarrow$   $^{228}\text{Ac}$  ( $T_{1/2}=6,13$  час), какое и когда?
- 5 Максимальная энергия  $\beta$ -частиц, испускаемых  $^{90}\text{Y}$ , равна 2,25 МэВ. Рассчитать долю  $\beta$ -частиц, проходящих через слой воздуха толщиной 5 см.
- 6 Определить истинную скорость счета радиоактивного препарата и погрешность ее определения, если  $I_c=150$  имп./мин,  $I_{\phi}=15$  имп./мин.
- 7 Рассчитать коэффициент распределения урана. Условия: раствор – природная пресная вода, объем раствора - 1 л, исходная концентрация урана 1 мкг/л; сорбент Т-5, масса – 0,1 г. Концентрация урана в растворе в условиях равновесия – 0,1 мкг/л.
- 8 Рассчитайте степень разделения цезия и калия на катионите (масса катионита – 1 г, объем раствора – 100 мл), если коэффициенты распределения на ионите равны: для цезия - 55 мл/г, для калия - 5 мл/г. При каких условиях степень разделения будет составлять не менее 0,9.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекционная аудитория интерактивных средств обучения, оснащённая проектором и настенным экраном (Ф-323).

Лабораторные работы проводятся в специализированных лабораториях кафедры радиохимии и прикладной экологии Ф-319, Ф-326, оснащённых общехимическим оборудованием: цифровыми техническими и аналитическими весами, магнитными мешалками различных типов, рН-метрами, спектрофотометрами, термостатами, дистилляторами, сушильными шкафами, песчаными банями, печками и т.п. Кроме того лаборатории оснащены всем необходимым для проведения работ с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений, а так же следующим специализированным оборудованием:

- Гамма-спектрометр с детектором из особо чистого германия – GEM50-P4 с электроохладителем CFG-X-COOL-II-230; Ametec, Inc., США Детектор из особо чистого германия с относительной эффективностью регистрации 50%.

- Энергодисперсионный рентгено- флуоресцентный спектрометр типа ARL Quant'X (Termo Fisher scientific, Австрия). Диапазон определяемых элементов: от натрия (Na) до урана (U). Пределы обнаружения: от 1 ppm до 100% в твердых, порошковых и жидких пробах.

Полупроводниковый альфа-спектрометр “Прогресс” и ПЭВМ;

- Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ 1315 «Атомтех», размер сцинтилляционного детектора 63х63 мм.

- Гамма - радиометр РКГ-АТ1120(А), «Атомтех», размер сцинтилляционного детектора 63х63 мм.

- Радиометры бета- и альфа-излучения: установка малого фона УМФ-1500М, установка малого фона УМФ-2000, радиометр РУБ-01П1.

- Дозиметр-радиометр ДКС-96.

- Универсальный дозиметр ДКС-101



