

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет

«МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено

Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол № 25.8 от 25.08.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
РАДИОЭКОЛОГИИ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

профиль

Радиоэкология и радиационная безопасность

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- изучение инструментальных методов, используемых в радиоэкологии и радиационной безопасности.

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- изучение инструментальных методов радиоэкологии без использования радиоактивности;
- изучение инструментальных методов радиоэкологии и радиационной безопасности с использованием радиоактивности.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин бакалавриата: «Инструментальные методы анализа», «Дозиметрия ионизирующих излучений», «Ядерная физика».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Радиационный мониторинг и контроль», выполнение научно-исследовательской работы, всех видов практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1-2 семестрах.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	З-ОПК-2 Знать современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 Уметь применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; В-ОПК-2 Владеть навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;
ПК-3	Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской	З-ПК-3 Знать достижения научно-технического прогресса; У-ПК-3 Уметь применять полученные знания к решению практических задач; В-ПК-3 Владеть методами моделирования физических процессов;

	деятельности	
ПК-4	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач	З-ПК-4 Знать цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных; У-ПК-4 Уметь применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4 Владеть навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследований для решения научных и производственных задач.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам:		
	№ 1	№ 2	Всего
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия (всего)	40	48	88
В том числе:			
<i>лекции</i>	8	16	24
<i>практические занятия</i> <i>(из них в форме практической подготовки)</i>	16 (0)	16 (0)	32 (0)
<i>лабораторные занятия</i> <i>(из них в форме практической подготовки)</i>	16 (0)	16 (0)	32 (0)
Промежуточная аттестация			
В том числе:			
<i>экзамен</i>	36	54	90
Самостоятельная работа обучающихся			
Самостоятельная работа обучающихся	68	6	74
Всего (часы):	144	108	252
Всего (зачетные единицы):	4	3	7

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
			Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
	Семестр № 1						
1-5	1.	Электрохимические методы анализа	3	5	4		20
1-4	1.1.	Потенциометрия. Вольтамперометрия	2	3	4		10
5	1.2.	Кондуктометрия. Кулонометрия	1	2			10
6-10	2.	Спектральные методы анализа	3	5	8		20
6	2.1.	Фотоколориметрия. Спектрофотометрия	1	3	8		10
7-10	2.2.	Атомно-абсорбционная и эмиссионная спектрометрия	2	2			10
11-14	3.	Хроматографические методы анализа	2	6	4		28
11-12	3.1.	Газожидкостная хроматография. Жидкостная хроматография	1	3	4		14
13-14	3.2.	Хромато-масс-спектрометрия	1	3			14
		Итого за семестр:	8	16	16		68
	Семестр № 2						
1-6	4.	Детектирование ядерных излучений	6	6	12		2
1-2	4.1	Радиоактивный распад и взаимодействие ионизирующих частиц с веществом	2	2	8		1
3-6	4.2	Детекторы излучений	4	4	4		1
7-16	5	Спектрометрия ядерных излучений	10	10	4		4
7-8	5.1	Основные параметры спектрометров	2				
9-10	5.2	Радиометрия и дозиметрия ядерных излучений	2		4		1
11-12	5.3	Обращение с материалами и изделиями, загрязненными радионуклидами	2				1
13-14	5.4	Активационный анализ	2	5			1
15-16	5.5	Радиационный контроль. Контроль радионуклидов на ядерно и радиационно опасных объектах	2	5			1
		Итого за семестр:	16	16	16		6

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
Семестр №1			
1-5	1.	Электрохимические методы анализа	
1-4	1.1.	Потенциометрия. Вольтамперометрия	Потенциометрия и ионометрия. Основы метода. Уравнение Нернста, стандартные, равновесные и реальные потенциалы. Типы электродов, используемые в потенциометрии. Ионоселективные электроды: классификация, устройство, характеристики. Коэффициент селективности. Потенциометрические измерения. Прямое

			потенциометрическое определение. Ионметрия с ионоселективными электродами. Потенциометрическое титрование. Кривые титрования, способы нахождения конечной точки титрования. Аппаратурное оформление потенциометрии. Явления на электродах электрохимической ячейки при прохождении постоянного электрического тока. Электродная поляризация и деполяризация, виды перенапряжений. Вольтамперометрия и ее разновидности (классическая, переменного тока, инверсионная и т.п.). Качественный и количественный вольтамперометрический анализ. Полярографическая волна, предельный ток диффузии, роль фонового электролита. Аппаратурное оформление. Градуировка оборудования. Амперометрическое титрование. Требования к условиям проведения. Вид кривых титрования.
5	1.2.	Кондуктометрия. Кулонометрия	Кондуктометрия. Теоретические основы. Электрическая проводимость растворов электролитов. Электрическая подвижность ионов и числа переноса. Удельная и эквивалентная электропроводность. Прямой кондуктометрический анализ. Принцип метода, область применения, достоинства и недостатки. Кондуктометрическое титрование. Кривые титрования. Кулонометрия. Теоретические основы метода. Электролиз, законы Фарадея. Выход по току. Кулонометрический анализ при постоянном потенциале и постоянном токе, преимущества и недостатки. Кулонометрическое титрование.
6-10	2.	Спектральные методы анализа	
6	2.1.	Фотоколориметрия. Спектрофотометрия	Молекулярно-абсорбционный спектральный анализ в УФ и видимой области шкалы электромагнитных волн. Молекулярные спектры испускания и поглощения, их возбуждение и регистрация. Качественный и количественный анализ. Законы поглощения света. Инструментальные и химические причины отклонения от закона Ламберта-Бугера-Бера. Методы измерения оптической плотности. Фотоколориметрия и спектрофотометрия. Техника спектрофотометрии. Блок-схема спектрофотометра: источники излучения, монохроматоры и полихроматоры, детекторы излучения. Одно- и двухлучевые спектрометры. Разрешающая способность и другие характеристики приборов.
7-10	2.2.	Атомно-абсорбционная и эмиссионная спектрометрия	Атомно-абсорбционная, атомно-эмиссионная и атомно-флуоресцентная спектрометрия. Спектральные явления, лежащие в основе методов. Атомные спектры испускания и поглощения, их возбуждение. Характеристические частоты элементов в спектре, используемые в качественном и

			количественном анализе. Атомно-эмиссионный спектральный анализ (спектрография, спектрометрия). Область применения, достоинства и недостатки. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Область применения, достоинства и недостатки. Помехи при анализе (ионизационные, химические, неселективные) и их устранение. Блок-схемы приборов для атомного спектрального анализа. Спектральные источники излучения (лампы с полым катодом, лазеры). Атомизаторы (пламенные, электротермические, высокочастотная индуктивно-связанная плазма и др.) и их характеристики. Монохроматоры и полихроматоры, приемники излучения.
11-14	3.	Хроматографические методы анализа	
11-12	3.1.	Газожидкостная хроматография. Жидкостная хроматография	Газовая и газо-жидкостная хроматография. Требования, предъявляемые к газу-носителю и неподвижной фазе. Характеристики неподвижных фаз. Капиллярные колонки. Техника газовой хроматографии: ввод пробы, температурный градиент, применяемые детекторы. Жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Изократическое и градиентное элюирование. Характеристики неподвижных фаз. Анализ многокомпонентных смесей. Аппаратурное оформление инструментальной хроматографии. Блок схемы хроматографов: устройства ввода пробы; блок подготовки элюента; блок хроматографических колонок, детекторы, устройства вывода данных, система управления. Детекторы, применяемые в газовой и жидкостной хроматографии.
13-14	3.2.	Хромато-масс-спектрометрия	Методы анализа, основанные на взаимодействии магнитного поля с веществом. Поведение иона в магнитном поле. Методы ионизации пробы. Классификация масс-анализаторов и их сравнительная характеристика. Аппаратурное оформление. Хромато-масс-спектрометры. Применение масс-спектрометрических методов для анализа объектов окружающей среды.
Семестр №2			
1-6	4.	Детектирование ядерных излучений	
1-2	4.1.	Радиоактивный распад и взаимодействие ионизирующих частиц с веществом	Статистический характер радиоактивного распада. Распределение Пуассона. Статистический критерий пуассоновского распределения числа зарегистрированных импульсов. Погрешность измерения числа зарегистрированных импульсов. Пробег заряженных частиц в веществе. Взаимодействие γ-квантов с веществом. Фотопоглощение. Комптоновское взаимодействие. Образование пар

3-6	4.2.	Детекторы излучений	Детекторы излучений. Спектральная характеристика. Счетная характеристика. Эффективность регистрации энергии. Функция отклика детектора. Сцинтилляционные детекторы. Характеристики сцинтилляционных детекторов. Характеристики ФЭУ. Коэффициент усиления. Темновой ток. Неорганические сцинтилляторы (NaI(Tl), CsI(Tl), KI(Tl)). Органические сцинтилляторы. Сцинтилляционные стекла. Ионизационные детекторы. Принцип работы газовых ионизационных детекторов. Фон (скорость счета фона). Разрешающее время (τ) детектора или установки в целом. Регистрируемая активность. Обработка результатов измерения радиоактивности. Ионизационные камеры. Гейгеровские счетчики. Гашение разряда. Галогенный счетчик. Полупроводниковые детекторы. Принцип работы ППД. Кремниевый детектор. Германиевый детектор. Параметры ионизационных детекторов: эффективность, чувствительность, уровень фона, скорость счета и наибольшая регистрируемая скорость счета, вольтамперная характеристика. Трековые детекторы заряженных частиц. Ядерные эмульсии.
7-16	5.	Спектрометрия ядерных излучений	
7-8	5.1.	Основные параметры спектрометров	Дифференциальная и интегральная плотности потока частиц. Спектральные распределения. Основные параметры спектрометров. Амплитудное разрешение спектрометра. Временное разрешение спектрометра. Ширина канала анализатора. Учет мертвого времени спектрометра. Методика ручной обработки спектров: амплитудное разрешение, границы пика, максимум пика, площадь пика. Спектрометр с ионизационным детектором. Сцинтилляционные спектрометры. Полупроводниковые спектрометры. Идентификация радионуклидов методом гамма-спектрометрии.
9-10	5.2.	Радиометрия и дозиметрия ядерных излучений	Радиометрия β-излучений. Радиометрия γ-излучений. Радиометрия α-излучений. Коэффициент обратного рассеяния, Самопоглощение
11-12	5.3.	Обращение с материалами и изделиями, загрязненными радионуклидами	Определение загрязнения поверхностей радиоактивными веществами. Загрязнение жидкостей и сыпучих веществ радиоактивными веществами. Радиометрия аэрозолей и газов.
13-14	5.4.	Активационный анализ	Основы метода активационного анализа. Количественный и качественный активационный анализ. Нейтронно-активационный анализ. Фотонейтронный анализ. Применение нейтронно-активационного анализа. Анализ на мгновенном γ-излучении. Анализ наведенной активности. Методы идентификации в активационном анализе.

15-16	5.5.	Радиационный контроль. Контроль радионуклидов на ядерно и радиационно опасных объектах	Индивидуальный и групповой дозиметрический контроль (ИДК). Методики и нормативы. Что подлежит радиационному контролю? Основные контролируемые параметры при радиационном контроле. Нормирование. Административное нормирование при радиационном контроле. Открытые и закрытые источники ИИ.
-------	------	--	---

Практические/семинарские занятия

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
Семестр № 1			
1-5	1.	Электрохимические методы анализа	
1-4	1.1.	Потенциометрия. Вольтамперометрия	Решение задач
5	1.2.	Кондуктометрия. Кулонометрия	Решение задач
6-10	2.	Спектральные методы анализа	
6	2.1.	Фотоколориметрия. Спектрофотометрия	Решение задач
7-10	2.2.	Атомно-абсорбционная и эмиссионная спектрометрия	Решение задач
11-14	3.	Хроматографические методы анализа	
11-12	3.1.	Газожидкостная хроматография. Жидкостная хроматография	Решение задач
13-14	3.2.	Хромато-масс-спектрометрия	Решение задач
Семестр № 2			
1-6	4.	Детектирование ядерных излучений	
1-2	4.1	Радиоактивный распад и взаимодействие ионизирующих частиц с веществом	Решение задач
3-6	4.2	Детекторы излучений	Решение задач
7-16	5.	Спектрометрия ядерных излучений	
13-14	5.4	Активационный анализ	Доклады
15-16	5.5	Радиационный контроль. Контроль радионуклидов на ядерно и радиационно опасных объектах	Деловая игра «Мониторинг радиационной обстановки на радиоактивно загрязненной территории». Тренинг с использованием принципов соревнований AtomSkills по компетенции «Дозиметрия»

Лабораторные работы

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
Семестр № 1			
1-5	1.	Электрохимические методы анализа	
1-5	1.1.	Потенциометрия. Вольтамперометрия	Лабораторная работа № 1. Определение физико-химических показателей

	1.2.	Кондуктометрия. Кулонометрия	поверхностных вод и почвы, предшествующее измерению содержания в них радионуклидов
6-10	2.	Спектральные методы анализа	
6-10	2.1.	Фотоколлометрия. Спектрофотометрия	Лабораторная работа № 2. Радиационная очистка сточных вод от органических веществ Лабораторная работа № 3. Определение поглощенной дозы от электронных пучков ускорителя УЭЛР-10-10-40 на основе полимерных плёнок СО ПД (Ф) Р-5/50 и СО ПД (Э) - 1/10
11-14	3.	Хроматографические методы анализа	
11-12	3.1.	Газожидкостная хроматография. Жидкостная хроматография	Лабораторная работа № 4. Изучение радиационно-химической устойчивости некондиционного пестицидного препарата «Гексахлоран дуст»
Семестр № 2			
1-6	4.	Детектирование ядерных излучений	
1-4	4.1	Радиоактивный распад и взаимодействие ионизирующих частиц с веществом	Лабораторная работа № 5. Изучение действия ионизирующего излучения на рост и развитие растения при предпосевном облучении его семян
5-6	4.2	Детекторы излучений	Лабораторная работа № 6. Измерение радиоактивности с помощью счетчиков Гейгера-Мюллера
7-16	5.	Спектрометрия ядерных излучений	
9-10	5.2	Радиометрия и дозиметрия ядерных излучений	Лабораторная работа № 7. Измерение плотности потока β - и α -частиц в почве

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнения курсовой работы, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену) обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций;
 - основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
 - ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (<http://elibrary.ru>);
1. Круглов С.В., Мельникова Т.В. Лабораторный практикум по курсу «Инструментальные методы анализа». – Обнинск: ИАТЭ, 2007. – 84 с.
 2. Мельникова Т.В., Удалова А.А., Полякова, Л.П. Лабораторный практикум по курсу «Инструментальные методы анализа радиозащиты и радиационной безопасности». Часть I.: Учебно-методическое пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2021. – 32 с.

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

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 1 семестр			
1.	Раздел 1-2	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Задачи
2.	Раздел 3	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Задачи
Промежуточная аттестация, 1 семестр			
	Экзамен	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Экзаменационный билет
Текущая аттестация, 2 семестр			
3.	Раздел 4	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Задачи
4.	Раздел 5	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Деловая игра
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	Экзамен	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Экзаменационный билет

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

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

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8

недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Семестр №1			
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
Задачи (5 шт.)	7	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
Задачи (5 шт.)	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
Экзаменационный билет	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100
Семестр №2			
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
Задачи (5 шт.)	7	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
Деловая игра	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
Экзаменационный билет	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64			
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Трубина Н.К., Складова М.А. Инструментальные методы исследования: учебное пособие. – Омск: Омский ГАУ, 2018. – 159 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/129436>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мельникова Т.В., Удалова А.А., Полякова, Л.П. Лабораторный практикум по курсу «Инструментальные методы анализа радиоэкологии и радиационной безопасности». Часть I.: Учебно-методическое пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2021. – 32 с.
3. Ширина А.С., Эпштейн Н.Б. Инструментальные методы в химическом анализе: учеб. пособие для студ. вузов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 80 с.
4. Круглов С.В., Мельникова Т.В. Лабораторный практикум по курсу «Инструментальные методы анализа». – Обнинск: ИАТЭ, 2007. – 84 с.

5. Аналитическая химия (аналитика) В 2 кн. Кн.2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Учеб. Для вузов/Ю.Я.Харитонов. – 4-е изд. Стер. – М.: Высш. Шк., 2008.
6. Контроль состояния окружающей среды и защита от антропогенных загрязнений: учеб. пособие для студ. Вузов / Л. А. Коваленко [и др.] ; ред. В. В. Скибенко. -2-е изд., стер. – М.: МЭИ, 2010. – 448 с.
7. Романцов В.П., Романцова И.В., Черкашин В.А. Спектрометрия гамма- и бета-излучений. Учебное пособие. – Обнинск, 2007.
8. Матусевич Е.С., Романцова И.В. Физические методы анализа загрязнений окружающей среды. Учебное пособие. – Обнинск, 1999.
9. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная безопасность персонала атомных станций. Учебное пособие. / Под общей редакцией В.А.Кутькова. – Атомтехэнерго - ИАТЭ. Москва – Обнинск, 2003.
10. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П., Безруков Б.А., Долженков И.В., Алексеев А.Г. Основы радиационного контроля на АЭС. Учебное пособие. / Под ред. В.А.Кутькова и В.В.Ткаченко. - Концерн «Росэнергоатом» - ИАТЭ. Москва – Обнинск, 2005 (гл. 10 и 11).
11. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Обеспечение радиационной безопасности персонала при эксплуатации АЭС. – Обнинск, 2007. – 253 с.
12. Романцов В.П., Романцова И.В., Ткаченко В.В. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. Учебное пособие. 2-е издание, дополненное и переработанное. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2012 – 160 с.

б) дополнительная учебная литература:

1. Юинг Д. Инструментальные методы химического анализа. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 608 с.
2. Мухина. Е.А. Физико-химические методы анализа. – М.: Химия, 1995. -416 с.
3. Инструментальный анализ. Избранные методы: учебное пособие / В. Н. Басов, А. В. Басов, А. С. Максимов [и др.]; под редакцией В. Н. Басова. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 165 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/book/160286>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Химик [Официальный сайт]. — URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>.
2. Большая Советская энциклопедия [Официальный сайт]. — URL: <http://dic.academic.ru/>.
3. Вихарев А.А., Зуйкова С.А., Чемерис Н.А., Домина Н.Г. Физико-химические методы анализа. Гипертекстовое учебное пособие [Официальный сайт]. — URL: <http://www.chem-astu.ru/chair/study/PCMA/index.html>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям

Лекции являются основной формой обучения в высшем учебном заведении. В тетради для конспектирования лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись.

Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекций, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции

рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к лабораторным занятиям, экзамену, при выполнении самостоятельных заданий.

Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с литературой, рекомендованной преподавателем, и конспектом лекций. Необходимо разобраться в основных понятиях.

Рекомендации по подготовке лабораторных работ

Лабораторные занятия по дисциплине «Инструментальные методы анализа радиоэкологии и радиационной безопасности» имеют цель закрепить теоретический материал, полученный на лекциях, а также дать практические навыки применения полученных знаний в области инструментальных методов анализа.

Непосредственно лабораторные работы предусматривают выполнение заданий по узловым и наиболее важным темам учебной программы. В ходе проведения лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет комплекс заданий, позволяющих закрепить лекционный материал по изучаемой теме.

Прежде чем приступить к выполнению работы, необходимо прочесть ход выполнения работы, ещё раз проговорить его с преподавателем. Для выполнения лабораторных работ студент должен иметь рабочую тетрадь, ручку, калькулятор (с функцией расчета интегралов, логарифмов, корня различных степеней), карточки с формулами, рассмотренными на лекциях.

Все лабораторные работы студенты оформляют в отдельной тетради – рабочем журнале – либо используют заранее подготовленные распечатки электронного рабочего журнала, в которые заносят результаты и расчеты.

По каждой выполненной работе отчет составляется студентом индивидуально и предоставляется преподавателю для проверки.

План составления отчета:

- 1) дата выполнения работы;
- 2) название работы;
- 3) цель работы;
- 4) сущность работы (кратко);
- 5) используемые реагенты;
- 6) посуда и оборудование, необходимые для выполнения работы;
- 7) ход выполнения работы (кратко основные операции);
- 8) экспериментальные данные (очень подробно, с соблюдением всех правил записи результатов и единиц измерений);
- 9) графики на миллиметровой бумаге или в компьютерном исполнении (если используется графический способ нахождения неизвестной концентрации);
- 10) расчет результатов анализа (подробно, с пояснениями), в т. ч. с применением методов математической обработки данных;
- 11) оценка погрешности определения (после проверки результата преподавателем);
- 12) выводы по исследовательской части работы (если требуется).

Лабораторная работа считается выполненной успешно, если погрешность определения не превышает допустимых значений.

Рабочие растворы можно выливать только после проверки результата преподавателем.

Следует обратить особое внимание на недопустимость записи результатов анализа на отдельных листочках или черновиках! Результаты измерений и расчеты следует сразу заносить в рабочий журнал!

Рекомендации по организации самостоятельной работы

Согласно учебному плану дисциплины «ИМА РЭ и РБ» ряд вопросов общей программы вынесен для самостоятельной проработки с последующей проверкой полученных знаний и их

закрепления на практических занятиях.

Самостоятельная работа включает изучение литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям и зачету.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с литературой, рекомендованной преподавателем, и конспектом лекций. Необходимо разобраться в основных понятиях.

Рекомендации по подготовке к экзамену

Подготовку к зачету необходимо начинать заранее. Следует проанализировать научный и методический материал учебников, учебно-методических пособий, конспекты лекций. Знать формулировки терминов и уметь их чётко воспроизводить. Ответы на вопросы из примерного перечня вопросов для подготовки к зачету лучше обдумать заранее. Ответы построить в чёткой и лаконичной форме.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий (при необходимости)

- Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.
- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты и веб-сервиса Google Classroom.

12.2. Перечень программного обеспечения (при необходимости)

- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).
- Для оформления письменных работ, презентаций, работы в электронных библиотечных системах необходимы программы пакета Microsoft Office (Excel, Word, Power Point, Acrobat Reader), Internet Explorer, или других аналогичных.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Не требуется.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Инструментальные методы анализа РЭ и РБ (Лекции и практические занятия)	Учебная аудитория (№№) Мультимедиа-проектор Проекционный экран Ноутбук Доска для написания мелом или фломастером
Инструментальные методы анализа РЭ и РБ (лабораторные работы)	Учебная лаборатория «Экологический контроль объектов ЯТЦ» (№ 1-608) Автоматические пипетки Блок питания газовый Весы AR 2140 OHAUS Весы AR 520 OHAUS Иономер И-160 Иономер-кондуктомер источник Б5-45А Магнитная мешалка ПЭ 6100 Магнитная мешалка с подогревом ПЭ 6110 Микродозатор 1-но канальный Милливольтметр Б7-38 рН-метр Анион 4100 рН-метр МАРК 901 Самописец Н-391 Спектрофотометр UVmini-1240 Фотометр фотоэлектрический Хроматограф Кристалл 5000.2 Учебная лаборатория «Экологический контроль объектов ЯТЦ» (№612) Бидистиллятор БС (комплект) стеклянный Орбитальный шейкер OS-20 с универсальной платформой Ультразвуковая ванна УЗВ1-0,16/37 Шкаф вытяжной ЛК-1200 ШВП (керамика) + (кран) + (раков. 250x100мм) + вытяжка 2 Шкаф вытяжной ЛК-1800 ШВП (керамика) + (кран) + (раков. 250x100мм) + нагреват.панель+ вытяжка 2 Учебная лаборатория «Экологический контроль объектов ЯТЦ» (№ 610) Доска ДКМ 2 Колориметр фотоэлектрический КФК-2МП Милливольтметр рН-121 рН-метр иономер Экотест-120 портативный микропроцессорный с набором ионоселективных электродов Стерилизатор ГП-80 Холодильник Стинол климатическая камера SANYO MLR -352

	Компрессор DARI; Дозиметр-радиометр ДКС-96; Блоки детектирования БДЗА-96F и БДЗБ-96F в составе измерительного универсального комплекса ДКС-96
--	---

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ раздела	Наименование раздела	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
5.4	Активационный анализ	Практические занятия	5	Доклады
5.5	Радиационный контроль. Контроль радионуклидов на ядерно и радиационно опасных объектах	занятия	5	Деловая игра «Мониторинг радиационной обстановки на радиоактивно загрязненной территории». Тренинг с использованием принципов соревнований AtomSkills по компетенции «Дозиметрия»

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Пробег заряженных частиц в веществе. Взаимодействие γ -квантов с веществом. Фотопоглощение. Комптоновское взаимодействие. Образование пары. Трековые детекторы заряженных частиц. Ядерные эмульсии.

Обращение с материалами и изделиями, загрязненными радионуклидами. Определение загрязнения поверхностей радиоактивными веществами. Загрязнение жидкостей и сыпучих веществ радиоактивными веществами. Радиометрия аэрозолей и газов. Индивидуальный дозиметрический контроль. Обработка результатов измерения радиоактивности.

Форма контроля: дополнительные вопросы при защите лабораторных работ.

14.3. Краткий терминологический словарь

Инструментальные методы анализа - количественные аналитические методы, для выполнения которых требуется электрохимическая оптическая, радиохимическая и иная аппаратура. К инструментальным методам анализа обычно относят:

- электрохимические методы - потенциометрию, полярографию, кондуктометрию и др.;

- методы, основанные на испускании или поглощении излучения,— эмиссионный спектральный анализ, фотометрические методы, рентгеноспектральный анализ и др.;
- масс-спектральный анализ;
- методы, основанные на измерении радиоактивности.

Электрохимические методы анализа - совокупность методов качественного и количественного анализа, основанных на электрохимических явлениях, происходящих в исследуемой среде или на границе раздела фаз и связанных с изменением структуры, химического состава или концентрации анализируемого вещества. Электрохимические методы анализа делятся на пять основных групп: потенциометрию, вольтамперометрию, кулонометрию, кондуктометрию и диэлектрометрию.

Электролитической ячейкой называется система, в которой за счет приложенного внешнего электрического тока происходят химические превращения веществ на электродах.

Гальванический элемент – система, в которой за счет химических превращений веществ на электродах возникает электрический ток во внешней цепи.

Потенциометрический метод анализа основан на использовании зависимости электродвижущей силы (ЭДС) электрохимической цепи от активности (концентрации) анализируемого иона.

Линейная область электродной функции – интервал линейной зависимости потенциала от активности (концентрации) потенциалопределяющих ионов.

Крутизна электродной функции S – угловой коэффициент наклона градуировочного графика $E-pa_i$ ($E-ps_i$) к оси абсцисс.

Предел обнаружения - мера содержания или массы определяемого элемента, выше которой его наличие в определяемом растворе можно обнаружить с определенной статистической вероятностью по сравнению с «холостым», т.е. не содержащим определяемого элемента, раствором.

Время отклика – время достижения стационарного потенциала.

Вольтамперометрия, совокупность электрохимических методов исследования и анализа, основанных на изучении зависимости силы тока в электролитической ячейке от потенциала погруженного в анализируемый раствор индикаторного микроэлектрода, на котором реагирует исследуемое электрохимически активное (электроактивное) вещество.

Кулонометрия объединяет методы анализа, основанные на измерении количества вещества, выделяющегося на электроде в процессе электрохимической реакции в соответствии с Фарадея законами. При кулонометрии потенциал рабочего электрода отличается от равновесного значения. Различают потенциостатическую и гальваностатическую кулонометрию, причём последняя включает прямой и инверсионный методы, электроанализ и кулонометрическое титрование.

К **кондуктометрии** относятся методы, в которых измеряют электропроводность электролитов (водных и неводных растворов, коллоидных систем, расплавов, твёрдых веществ). Кондуктометрический анализ основан на изменении концентрации вещества или химического состава среды в межэлектродном пространстве; он не связан с потенциалом электрода, который обычно близок к равновесному значению. Кондуктометрия включает прямые методы анализа (используемые, например, в солемерах) и косвенные (например, в газовом анализе) с применением постоянного или переменного тока (низкой и высокой частоты), а также хронокондуктометрию, низкочастотное и высокочастотное титрование.

Спектральный анализ — совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанная на изучении спектров взаимодействия материи с излучением, включая спектры электромагнитного излучения, акустических волн,

распределения по массам и энергиям элементарных частиц и др. В зависимости от целей анализа и типов спектров выделяют несколько методов спектрального анализа. *Атомный и молекулярный* спектральный анализы позволяют определять элементный и молекулярный состав вещества, соответственно. В эмиссионном и абсорбционном методах состав определяется по спектрам испускания и поглощения. Масс-спектрометрический анализ осуществляется по спектрам масс атомарных или молекулярных ионов и позволяет определять изотопный состав объекта.

Эмиссионными называют спектры, испускаемые термически возбужденными частицами. Спектры испускания, возбужденные нетермическим способом (например, при воздействии на вещество видимого света, рентгеновского или гамма-излучения, электрического поля или потока заряженных частиц) принято называть спектрами люминесценции.

Атомные спектры. Особенностью атомных спектров является их *линейчатая структура*: они состоят из большого числа дискретных спектральных линий, объединяемых в отдельные спектральные серии. Положение линий в пределах каждой серии подчиняется определенным закономерностям, характерным для атомов каждого элемента. *Изучая атомные спектры, можно установить наличие тех или иных химических элементов в образце.*

Молекулярные спектры значительно сложнее атомных спектров и обусловлены не только электронными переходами, но и колебаниями атомных ядер в молекуле, а также вращательным движением самой молекулы вокруг некоторого направления или точки. В соответствии с возможными типами движений в молекуле, ее полная энергия E приближенно равна сумме энергий электронных переходов E_e , колебательных E_v и вращательных E_r движений.

Спектрофотометрия (абсорбционная) — физико-химический метод исследования растворов и твердых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой (200—400 нм), видимой (400—760 нм) и инфракрасной (>760 нм) областях спектра. Основная зависимость, изучаемая в спектрофотометрии — зависимость интенсивности поглощения падающего света от длины волны. Спектрофотометрия широко применяется при изучении строения и состава различных соединений (комплексов, красителей, аналитических реагентов и др.), для качественного и количественного определения веществ (определения следов элементов в металлах, сплавах, технических объектах). Приборы спектрофотометрии — спектрофотометры.

Молекулярно-абсорбционный анализ включает фотокolorиметрический и спектрофотометрический методы, базирующиеся на общем принципе — использовании пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества.

Фотокolorиметрия — количественное определение концентрации вещества по поглощению света в видимой и ближней ультрафиолетовой области спектра. Поглощение света измеряют на фотоэлектрических колориметрах.

Инфракрасная спектроскопия (ИКС) — раздел спектроскопии, охватывающий длинноволновую область спектра (>730 нм за красной границей видимого света). Инфракрасные спектры возникают в результате колебательного (отчасти вращательного) движения молекул, а именно — в результате переходов между колебательными уровнями основного электронного состояния молекул. ИК радиацию поглощают многие газы, за исключением таких как O_2 , N_2 , H_2 , Cl_2 и одноатомных газов. Поглощение происходит на длине волны, характерной для каждого определенного газа, для CO , например, таковой является длина волны 4,7 мкм.

Хроматография — физико-химический метод разделения смеси, основанный на различных скоростях движения и размывания концентрационных зон веществ, перемещающихся в потоке подвижной фазы (ПФ) вдоль слоя неподвижной фазы (НФ), причем вещества находятся в обеих фазах. Необходимым условием эффективного разделения веществ являются различия в их равновесном распределении между ПФ и НФ или в кинетике достижения равновесного

распределения.

Время удерживания t_R – время от момента ввода пробы до регистрации максимума пика. Оно складывается из времени пребывания компонента в подвижной (t_m) и неподвижной (t_s) фазах:

$$t_R = t_m + t_s.$$

Величина t_m одинакова для всех составляющих смеси и называется *мертвым временем* колонки или временем выхода неудерживаемого вещества (обычно определяется экспериментально). Произведение t_m и объемной скорости элюента v дает *свободный объем* колонки – объем, незанятый неподвижной фазой.

Приведенное (исправленное) время удерживания t'_R – время выхода любого компонента за вычетом t_m (т.е. истинное время нахождения вещества в неподвижной фазе):

$$t'_R = t_R - t_m.$$

Относительное время удерживания α – исправленное время удерживания хроматографируемого вещества (t'_R), отнесенное к исправленному времени удерживания вещества, используемого в качестве стандарта (t'_{Rst}):

$$\alpha = (t_R - t_m)/(t_{Rst} - t_m) = t'_R/t'_{Rst} = K_{di}/K_{dst},$$

где t_{Ri} и t_{Rst} – время удерживания i -го вещества и стандарта; t'_{Ri} и t'_{Rst} – исправленное время удерживания i -го вещества и стандарта; t_m – мертвое время колонки; K_{di} и K_{dst} – коэффициенты распределения i -го вещества и стандарта:

$$K_d = C_s/C_m,$$

где C_s и C_m – концентрация i -го вещества в неподвижной и подвижной фазах. K_d – термодинамическая величина: каждое вещество характеризуется постоянным коэффициентом распределения при определенной температуре колонки.

Индекс удерживания I_i , (индекс Ковача) – логарифмическая функция относительного времени удерживания:

$$I_{ri} = 100z + (t'_{Ri}/t'_{Rz}),$$

где t'_{Ri} и t'_{Rz} – приведенное время удерживания i -го вещества и стандарта (например, алкана) с числом углеродных атомов z , причем $t'_{R(z+1)} > t'_{Rz} > t'_{Rz}$.

Коэффициент удерживания R – фактор задержки, определяемый как отношение скорости движения вещества к скорости движения подвижной фазы:

$$R = \frac{L/t_R}{L/t_m} = \frac{t_m}{t_R} = \frac{V_m}{V_R}.$$

Масс-спектрометрия – метод исследования вещества путём определения отношения массы к заряду и количества заряженных частиц, образующихся при том или ином процессе воздействия на вещество.

МКРЗ - Международная комиссия по радиационной защите.

МКРЕ - Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям.

МАГАТЭ - Международное агентство по атомной энергии.

Характеристики источников ионизирующего излучения

Радиоактивность - способность нестабильных атомных ядер спонтанно превращаться в другие ядра с испусканием излучения (частиц или фотонов).

Радиоактивный распад – ядерное превращение с изменением состава ядра (α -распад, β -распад, электронный захват, спонтанное деление и др.).

Электромагнитный переход - ядерное превращение с изменением только энергетического состояния ядра.

Активность A радионуклида в источнике – отношение числа спонтанных ядерных переходов dN из определенного энергетического состояния ядра радионуклида в источнике за интервал времени dt к этому интервалу:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Единица активности радионуклида – беккерель (Бк), размерность 1/с. Внесистемная единица активности – кюри (Ки), $1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Беккерель – равен активности радионуклида в источнике, в котором в 1 с происходит одно спонтанное ядерное превращение.

Выход частиц η – вероятность испускания частиц на одно ядерное превращение. Например,

$$q = A \cdot \eta$$

где q - число испускаемых при ядерных превращениях в единицу времени частиц (α -, β^+ -, β^- -частиц, γ -квантов);

A – активность радионуклида, Бк.

Характеристики поля излучения

Поток частиц (фотонов) $F(t)$ – отношение числа частиц (фотонов) dN , пересекающих заданную поверхность за интервал времени dt , к величине этого интервала:

$$F = \frac{dN}{dt}.$$

Размерность – 1/с. (Величина поверхности не определена, направление движения не определено.)

Флюэнс частиц (фотонов) Φ – отношение числа частиц (фотонов) dN , *проникающих в элементарную сферу, к площади поперечного сечения этой сферы dS*

$$\Phi = \frac{dN}{dS}.$$

Размерность – $1/\text{м}^2$. (Величина времени не определена, направление движения частиц не определено)

Плотность потока частиц (фотонов) φ - отношение изменения флюэнса частиц (фотонов) $d\Phi$ за интервал времени dt , к величине этого временного интервала:

$$\varphi = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d^2N}{dS \cdot dt}.$$

Размерность – $1/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. (Направление движения частиц не определено)

Для точечного изотропного источника с активностью $A(t)$ и выходом частиц η плотность потока частиц $\varphi(r, t)$ в вакууме в любой момент времени t и в любой точке на расстоянии r от источника равна

$$\varphi(r, t) = \frac{A(t) \cdot \eta}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Передача энергии и поглощение энергии ионизирующего излучения веществом.

Линейный коэффициент ослабления μ - отношение доли dN/N косвенно ионизирующих частиц, испытавших взаимодействие при прохождении элементарного пути dl в веществе, к

длине этого пути:

$$\mu = \frac{dN}{N} \cdot \frac{1}{dl}$$

Единица измерения μ - 1/м, 1/см.

Массовый коэффициент ослабления μ_m – отношение линейного коэффициента ослабления μ к плотности вещества ρ , через которое проходит косвенно ионизирующее излучение

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

Единица измерения – м²/кг, см²/г.

Пробег заряженных частиц в веществе – под пробегом заряженных частиц в веществе подразумевается экстраполированный или максимальный пробег $R_{\max}$. Для электронов максимальный пробег $R_{\max}$, это толщина вещества, в которой задерживаются все электроны. Например, для оценки пробега моноэнергетических электронов с энергией E (МэВ) можно использовать полуэмпирическую формулу $R_{\max} = R(\text{г/см}^2) / \rho$,

где $R(\text{г/см}^2) = 0.526 \cdot E(\text{МэВ}) - 0.24$.

Для γ – квантов под пробегом понимается величина, обратная линейному коэффициенту ослабления в веществе, т.е. $1/\mu$.

Фотонное излучение источников со сложным спектральным составом

Гамма - постоянная G по мощности дозиметрической величины $\dot{G}$ – это мощность дозиметрической величины (керма, поглощенная или экспозиционная доза и др.) на расстоянии $r = 1$ от точечного изотропного источника с активностью $A = 1$

$$\dot{G} = \frac{A \cdot G}{r^2}$$

Гамма - постоянная по мощности воздушной кермы (керма - постоянная радионуклида

Γ_K) - это отношение мощности воздушной кермы $\dot{K}_a$, создаваемый фотонами от точечного изотропного источника данного радионуклида, находящегося в вакууме на расстоянии r от источника, умноженный на квадрат этого расстояния, к активности A источника

$$\Gamma_K = \frac{\dot{K}_a \cdot r^2}{A}$$

Размерность керма - постоянной радионуклида в СИ - Гр·м²/(с·Бк)

Операционные величины – непосредственно измеряются и используются для оценки нормируемых величин при радиационном контроле. Введение операционных величин необходимо для унификации методов контроля:

- эквивалент дозы H ;
- амбиентный эквивалент дозы $H^*(d)$;
- мощность амбиентного эквивалента дозы $\dot{H}(d)$;
- индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$;
- объемная активность воздуха на рабочем месте A_V .

Эквивалент дозы H равен поглощенной в точке дозе D , умноженной на средний коэффициент качества излучения $\bar{k}$ для излучения, воздействующего на ткань в данной точке.

Индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$ равен эквиваленту дозы в мягкой биологической ткани, определяемому на глубине d (мм) под рассматриваемой точкой на теле

Объемная активность равна отношению активности A радионуклида в воздухе к объему V воздуха

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким

конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составила:

_____ **Т.В. Мельникова**

доцент отделения ядерной физики и технологий (О)
кандидат химических наук

Рецензенты:

_____ **Л.П. Полякова**

доцент отделения ядерной физики и технологий (О)
кандидат химических наук, доцент

_____ **О.П. Александрова**

ведущий эксперт кафедры ядерной и радиационной безопасности,
АНО ДПО “Техническая академия Росатома”,
кандидат физико-математических наук