

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

(О.Ю. Долматов)

«25»

06

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИЕМ 2018 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЯДЕРНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки/ специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные физика и технологии		
Специализация	Безопасность и нераспространение ядерных материалов		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		-
	Лабораторные занятия		56
	ВСЕГО		88
Самостоятельная работа, ч		128	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной
аттестации

Экзамен

Обеспечивающее
подразделение

ОЯТЦ

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения



А.Г. Горюнов

Руководитель ООП



П.Н. Бычков

Преподаватель



М.С. Кузнецов



И.И. Жерин

2020г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	И.ОПК(У)-1.4.	Демонстрирует понимание химических процессов и применяет основные законы химии	ОПК(У)-1.4B2	Владеет методами теоретического и экспериментального исследования химических процессов и явлений, анализа и обработки экспериментальных данных
				ОПК(У)-1.4У2	Умеет выявлять взаимосвязь между свойствами и реакционной способностью химических соединений, проводить термодинамические и кинетические расчеты
				ОПК(У)-1.432	Знает основные закономерности протекания химических процессов
ПК(У)-3	готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу полученных экспериментальных данных	И.ПК(У)-3.1	Проводит эксперименты по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов	ПК(У)-3.1B6	Владеет опытом проведения экспериментов по измерению параметров ядерных материалов, радиоактивных веществ, интерпретации полученных результатов.
				ПК(У)-3.1У6	Умеет находить корректную методику анализа ЯМ и РВ, описывать полученные данные и интерпретировать результаты, выносить рекомендации на основе полученных данных.
				ПК(У)-3.136	Знает основные физико-химические методики анализа ЯМ и РВ, требования к отчетным документам при проведении экспериментальных исследований.
ПК(У)-4	способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования	И.ПК(У)-4.1	Осуществляет использование технических средств, с целью проведения физических измерений объектов исследования	ПК(У)-4.1B2	Владеет навыками измерения физических характеристик ЯМ и РВ
				ПК(У)-4.1У2	Умеет осуществлять интерпретацию измеренных физических величин
				ПК(У)-4.132	Знает условия безопасной эксплуатации приборов и установок

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания общих законов физики и химии для качественного и количественного анализа ядерных и радиоактивных элементов	И.ОПК(У)-1.4. И.ПК(У)-4.1
РД 2	Применять инструментальные методы поиска и определения параметров ядерных материалов и радиоактивных веществ с заданной точностью	И.ПК(У)-3.1 И.ПК(У)-4.1

РД 3	Применять методики пробоотбора и пробоподготовки, стандартные и физико-химические (оптические, электрохимические) методы анализа ядерных материалов	И.ОПК(У)-1.4. И.ПК(У)-3.1 И.ПК(У)-4.1
РД 4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при проведении химического, физико-химического и инструментального анализов уран-, плутоний- и торий-содержащих материалов.	И.ОПК(У)-1.4. И.ПК(У)-3.1 И.ПК(У)-4.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Взаимодействия излучения с веществом в применении к вопросам его регистрации.	РД1	Лекции	4
	РД2	Лабораторные занятия	8
	РД4	Самостоятельная работа	14
Раздел 2. Методы регистрации ионизирующих излучений.	РД1	Лекции	6
	РД2	Лабораторные занятия	4
	РД4	Самостоятельная работа	20
Раздел 3. Гамма-спектрометрический анализ.	РД1	Лекции	6
	РД2	Лабораторные занятия	16
	РД4	Самостоятельная работа	30
Раздел 4. Химические методы анализа.	РД2	Лекции	8
	РД3	Лабораторные занятия	14
	РД4	Самостоятельная работа	30
Раздел 5. Оптические методы анализа	РД2	Лекции	6
	РД3	Лабораторные занятия	7
	РД4	Самостоятельная работа	14
Раздел 6. Электрохимические методы анализа	РД2	Лекции	2
	РД3	Лабораторные занятия	7
	РД4	Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Взаимодействия излучения с веществом в применении к вопросам его регистрации.

Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Формула Бете. Тормозная способность. Максимальная и экстраполированная длина пробега частиц. Отличие природы рентгеновского и гамма-излучений. Тормозное и характеристическое излучение. Закон ослабления рентгеновского и гамма-излучений. Полный коэффициент ослабления гамма-квантов. Упругое (потенциальное и резонансное рассеяние) и неупругое взаимодействие нейтронов с веществом. Теория Грея. Ионизационный ток. Ионизационная камера. Вольтамперная характеристика ионизационной камеры. Объемная и колонная ионизация. Уравнение ионного режима. Типы ионизационных камер. Электронное равновесие.

Темы лекций:

1. Природа радиоактивного излучения. Взаимодействия излучения с веществом в применении к вопросам его регистрации

2. Ионизационный метод регистрации излучений. Теория Грея.

Названия лабораторных работ:

1. Абсорбционный метод определения максимальной энергии бета-спектра радионуклида
2. Состав нейтронной дозы в веществе и фактор накопления нейтронов

Раздел 2. Методы регистрации ионизирующих излучений.

Зависимость величины импульса от напряжения для газового счетчика. Газовое усиление. Пропорциональные счетчики. Счетчики Гейгера-Мюллера. Несамостоятельный и самостоятельный разряд. Несамогасящиеся и самогасящиеся счетчики. Люминесценция и ее виды. Сцинтилляционные детекторы их преимущества и недостатки. Схема сцинтилляционного счетчика и процессы, происходящие в нем. Требования, предъявляемые к сцинтилляторам. Органические и неорганические сцинтилляторы. Твердые, жидкие и газовые сцинтилляторы. Полупроводниковый детектор – твердотельная газовая камера. Преимущества регистрации излучения. Толщина чувствительного слоя. «Абсолютный» метод определения активности изотопа по результатам регистрации характеристического фотонного излучения полупроводниковым детектором. Скорость счета прибора, эффективность регистрации, выход излучения.

Темы лекций:

1. Газовые счетчики.
2. Сцинтилляционные методы регистрации ИИ. Виды сцинтилляционных детекторов и требования к ним.
3. Метод регистрации ИИ с помощью полупроводниковых детекторов. Функция отклик детектора.

Названия лабораторных работ:

1. Сравнение результатов измерения ядерных материалов сцинтилляционным и полупроводниковым детекторами

Раздел 3. Гамма-спектрометрический анализ.

Задачи гамма-спектрометрического анализа. Функция отклик детектора. Определение эффективности регистрации гамма-спектрометрического тракта. Выбор детектора. Определение положения пика полного поглощения. Определение ширины пика полного поглощения фотонного излучения. Определение площади пика полного поглощения. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества).

Темы лекций:

1. Задачи гамма-спектрометрического анализа. Определение эффективности регистрации гамма-спектрометрического тракта. Выбор детектора
2. Определение положения пика полного поглощения. Определение ширины пика полного поглощения фотонного излучения. Определение площади пика полного поглощения.
3. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества)

Названия лабораторных работ:

1. Калибровка детекторов ИИ по энергии и эффективности
2. Гамма-спектрометрический анализ в управляющей среде Genue-2000 с помощью HpGe детектора

Раздел 4. Химические методы анализа.

Методы аналитической химии. Метрологические основы аналитической химии: Обработка результатов измерений. Апробирование материалов. Методы разделения и концентрирования. Основные типы химических реакций в аналитической химии. Гравиметрические методы анализа. Титриметрические методы анализа. Химико-аналитическая характеристика урана, плутония, тория. Гравиметрические и титриметрические методы определения ядерных материалов.

Темы лекций:

1. Организация контроля ядерных материалов с использованием методов аналитической химии.
2. Методы разделения и концентрирования
3. Химические методы анализа: качественный и количественный анализ. Гравиметрия. Титриметрия.
4. Химические методы определения ядерных и радиоактивных материалов.

Названия лабораторных работ:

1. Качественное определение урана.
2. Качественное определение тория.

Раздел 5. Оптические методы анализа

Молекулярная спектроскопия. Законы светопоглощения. Спектрофотометрические и люминесцентные методы определения ядерных материалов. Атомный эмиссионный спектральный анализ ядерных материалов: качественный и количественный анализ. Атомно-абсорбционный количественный метод анализа ядерных материалов.

Темы лекций:

1. Спектральные методы анализа: общая характеристика. Молекулярная спектроскопия: спектрофотометрические и люминесцентные методы определения урана, плутония, тория.
2. Атомная спектроскопия: общая характеристика. Атомно-абсорбционный метод анализа.
3. Атомно-эмиссионный спектральный анализ: сущность метода, анализ ядерных материалов.

Названия лабораторных работ:

1. Спектрофотометрическое определение урана.

Раздел 6. Электрохимические методы анализа

Потенциометрические методы определения ядерных материалов (осадительное, комплексонометрическое окислительно-восстановительное потенциометрическое титрование). Кулонометрические методы определения урана и плутония. Электролитические методы определения урана, тория и плутония.

Темы лекций:

1. Электрохимические методы анализа: основные положения. Потенциометрическое определение урана, плутония, тория.

Названия лабораторных работ:

1. Потенциометрическое окислительное титрование урана.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов: учебное пособие / В. И. Бойко, И. И. Жерин, В. Д. Каратаев [и др.]; под ред. В. И. Бойко, М. Е. Силаева. — Москва: Изд-во МНТЦ, 2011. — 356 с.: ил. — Текст: непосредственный.
2. Методы и приборы измерений ядерных материалов: лабораторный практикум: учебное пособие / А. В. Бушуев, А. Ф. Кожин, Е. В. Петрова, Т. Б. Алеева. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. — 156 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75761> (дата обращения: 05.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кузнецов Михаил Сергеевич. Физические и химические методы анализа ядерных материалов: электронный курс / М. С. Кузнецов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра физико-энергетических установок (№ 21) (ФЭУ). — Электрон. дан. — Томск: TPU Moodle, 2014. — URL: <http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=755> (дата обращения: 26.02.2020) — Режим доступа: доступ по логину и паролю. - Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Широков Ю. А. Надзор и контроль в сфере безопасности: учебник / Ю. А. Широков. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 412 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123675> (дата обращения: 05.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Технические аспекты ядерного нераспространения: учебное пособие / Э. Ф. Крючков, Н. И. Гераскин, В. Б. Глебов, В. М. Муругов. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2010. — 224 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75756> (дата обращения: 18.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Методические рекомендации по проведению инспекционных измерений и применению статистических методов при надзоре за учетом и контролем ядерных материалов: приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21.09.2015 г. N 367 // ИСС «Кодекс»: [сайт]. - URL: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/> (дата обращения: 05.03.2020). - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.

4. Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Основные правила учета и контроля ядерных материалов: утв. приказом Росстехнадзора от 17.04.2012 № 255: // ИСС «Кодекс»: [сайт]. - URL: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/> (дата обращения: (28.02.2020). - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.

6.2. Информационное обеспечение

- Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
- Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
- Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
- Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности - <https://www.iaea.org/ru/resursy/seriya-izdaniy-magate-po-fizicheskoy-yadernoy-bezopasnosti>
- Международная база ядерных данных - <https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 248Б	Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М - 1 шт.; Комплекс для проведения лабораторных работ по детектированию нейтронов - 1 шт.; Источник нейтронного излучения Плутоний-Берилиевый тип ИБН-10 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест Компьютер - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 318	Система для измерения характеристик фотонного излучения с ПО Genie-2000 по анализу гамма-спектров S573C и ПО расчёта калибровки по эффективности в полевых условиях ISOCS с 3D интерфейсом - 1 шт.; ОСГИ:Кобальт-57 - 1 шт.; ОСГИ:Марганец-54 - 1 шт.; Лабораторный гамма спектрометр GC15919-IS-DSA с ПО расчёта калибровки по эффективности для лабораторных геометрий LabSOCS S574C и ПО FRAM Isotopics Software S575C - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Висмут-207 - 1 шт.; Комплект источников ОСГИ - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Кобальт-60 - 1 шт.; Комплексная установка для проведения лабораторных работ по альфа-бета-гамма с ПО Genie-2000 для анализа альфа-спектров S509 - 1 шт.; Комплект источников ОСАИ - 1 шт.; МКС-01Р Радиометр-дозиметр - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 9 посадочных мест; Шкаф общелабораторный - 5 шт.; Стол

		лабораторный - 14 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 313	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 Ядерные физика и технологии / специализация «Безопасность и нераспространение ядерных материалов» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ

Жерин И.И.
Кузнецов М.С.

Программа одобрена на заседании кафедры ФЭУ (протокол от «18 »мая 2017 г. №93).

Руководитель выпускающего отделения
д.т.н, профессор

_____/А.Г. Горюнов/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЯТЦ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	От 27.08.2018г. № 3-д
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 28.06.2019 №16
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 №29- д