

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 2019 г.
 ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ**

Неразрушающий анализ ядерных материалов и радиоактивных веществ

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
---	---------------

2020 г.

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			Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
				Код	Наименование
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)-4.1В3	Владеет навыками применения современных методов исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
				ПК(У)-4.1У3	Умеет применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
				ПК(У)-4.1З3	Знает современные методы проведения исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
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)-3.1В7	Владеет навыками проведения неразрушающего анализа ядерных материалов и радиоактивных веществ
				ПК(У)-3.1У7	Умеет проводить проверку правильности и полноты заявлений о наличном количестве ядерных материалов и радиоактивных веществ
				ПК(У)-3.1З7	Знает оборудование и методы, применяемые для контроля ядерных материалов и радиоактивных веществ.
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)-1.4В2	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)-1.4З2	Знает основные закономерности протекания химических процессов

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	Выполнять аналитическое сопровождение работ, связанных с учетом и	ПК(У)-3

	контролем ядерных материалов и радиоактивных веществ.	ПК(У)-4
РД 2	Применять экспериментальные методы анализа для предотвращения переключений ядерных материалов и хищения радиоактивных веществ.	ПК(У)-3 ПК(У)-4
РД 3	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях ядерных материалов и радиоактивных веществ.	ПК(У)-3 ПК(У)-4

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. Детекторы ионизирующего излучения	РД 1	Лекции	6
	РД 2	Лабораторные занятия	8
	РД 3	Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Спектрометрия ядерных материалов	РД 1	Лекции	10
	РД 2	Лабораторные занятия	24
	РД 3	Самостоятельная работа	48
Раздел 3. Счет нейтронов	РД 1	Лекции	4
	РД 2	Лабораторные занятия	8
	РД 3	Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Измерение отработавшего топлива	РД 1	Лекции	4
	РД 2	Лабораторные занятия	8
	РД 3	Самостоятельная работа	20
Раздел 5. Альтернативные методы НРА	РД 1	Лекции	8
	РД 2	Лабораторные занятия	8
	РД 3	Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Детекторы ионизирующего излучения

Задачи курса. Виды детекторов для регистрации излучений. Основные виды сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов – достоинства и недостатки. Реализация спектрометрического тракта на базе детектора.

Темы лекций:

1. Понятия и определения применяемые при анализе ЯМ и РВ.
2. Основы детектирования ионизирующих излучений.
3. Сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы. Принципиальная схема спектрометра.

Названия лабораторных работ :

1. Ионизационный метод регистрации излучений
2. Сравнение результатов измерения ядерных материалов сцинтилляционным и

полупроводниковым детекторами

Раздел 2. Спектрометрия ядерных материалов

Задачи гамма-спектрометрического анализа. Основные погрешности при проведении гамма-спектрометрического анализа ЯМ и РВ. Методики обработки спектров ЯМ и РВ. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества).

Темы лекций:

4. Линейность и нелинейность детектирующей системы. Калибровка по энергии.
5. Определение эффективности регистрации гамма-спектрометрического тракта. Выбор детектора.
6. Обработка спектров при гамма-спектрометрии.
7. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества). Погрешности спектрометрического анализа.
8. Измерение изотопного состава урана.

Названия лабораторных работ:

3. Калибровка полупроводникового детектора по энергии и эффективности.
4. Набор и анализ гамма-спектров в управляющей среде Genie-2000 с использованием HpGe детектора.
5. Контроль качества гамма-спектрометрических измерений.
6. Гамма-спектрометрический анализ проб нестандартной геометрической формы.
7. Измерение обогащения урана.
8. Спектрометрия бета-излучения.
9. Альфа-спектрометрические измерения относительного содержания ^{238}Pu в образцах плутония
10. Использование спектрометрии при проведении физической инвентаризации.

Раздел 3. Счет нейтронов

Взаимодействие нейтронов с веществом. Источники нейтронов. Основные типы детекторов для измерения потоков нейтронов. Определение суммарного нейтронного потока. Метод нейтронных совпадений для контроля параметров ядерных материалов.

Темы лекций:

9. Эмиссия нейтронов ядерным топливом и их детектирование.
10. Измерение суммарного нейтронного потока. Счет нейтронных совпадений.

Названия лабораторных работ

11. Измерение нейтронного потока с помощью радиометра-дозиметра МКС-01Р.
12. Метод нейтронных совпадений.
13. Применение метода нейтронных совпадений для анализа урансодержащих образцов.

Раздел 4. Измерение отработавшего топлива

Параметры отработавшего топлива на ядерных реакторах различного типа. Нейтронное, гамма и черенковское излучение ОЯТ. Методики расчета и измерения параметров ОЯТ. Особенности применения детекторов различного типа для измерения параметров ОЯТ.

Темы лекций:

11. Эмиссия и детектирование нейтронов. Регистрация суммарного нейтронного излучений
12. Регистрация гамма-излучения ОЯТ. Спектрально-энергетический анализ гамма-излучения. Сканирование гамма-излучения по интенсивности. Регистрация черенковского излучения.

Названия лабораторных работ:

14. Гамма-спектрометрический анализ проб сложного состава.
15. Расчетно-теоретический анализ состава ОЯТ.

Раздел 5. Альтернативные методы НРА
--

Измерение радиационных характеристик ядерного материала. Проведение оценки остаточных количеств ядерных материалов. Измерение физических свойств объектов, содержащих ядерные материалы

Темы лекций:

13. Радиационные измерения ЯМ и РВ.
14. Измерение физических свойств.

Названия лабораторных работ

16. Исследование физических свойств ядерных материалов.
17. Радиационные измерения ЯМ и РВ.

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;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Выполнение курсового проекта;
- 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. Мурогов. — 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 Ростехнадзора 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

Информационное обеспечение дисциплины

- 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

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г.	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.

	Томск, Ленина проспект, д. 2 313	
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	<p>Весы OHAUS аналитические Plus AP250D - 1 шт.; Аналитический комплекс "СПЕКТРОСКАН МАКС - G" с ПО для количественного и качественного анализа данных рентгенофлуоресцентного спектрометра, включая возможность определения неизвестных образцов - 1 шт.; 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:Марганец-54 - 1 шт.; Комплекс для проведения лабораторных работ по определению спектра гамма излучения - 1 шт.; ОСАИ: Кюрий-244 - 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.; Источник типа ОСГИ-3 Натрий-22 - 1 шт.; ОРИБИ:Стронций-90+Иттрий-90 - 1 шт.; Комплект источников ОСГИ-3 - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Железо-55 - 1 шт.; ОСАИ: Уран-233+Плутоний-238+Плутоний-239 - 1 шт.; Комплект источников ОСАИ - 1 шт.; Закрытый источник ионизирующего излучения - 2 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Европий-152 - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Цезий-137 - 1 шт.; прибор ДРГ-05 - 1 шт.; ОИСН:Торий-232+Радий 226 - 2 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-5000г с гирей калибровочной 2 кг F2 - 1 шт.; Спектрометр Гамма 1С - 1 шт.; Специализированный гамма спектрометр "Уран-плутониевый Инспектор" с базовым ПО Genie-2000 (версия на русском языке для InSpector, S504) и ПО S535C Genie-2000 "Уран-плутониевый инспектор" - 1 шт.; Лабораторный 2-х входовой альфа-спектрометр для спектрометрии альфа-излучений "Analyst 450A" с ПО для управления спектрометром и анализа альфа спектров - 1 шт.; ОСАИ: Плутоний-239 - 1 шт.; ОСГИ:Иттрий-88 - 1 шт.; ОСГИ:Торий-228 - 1 шт.; ОСГИ:Цинк-65 - 1 шт.; Комплект источников ОИСН - 1 шт.; ОСАИ: Америций-241 - 1 шт.; Система измерения плутониевых и урановых образцов - 1 шт.; ОСГИ:Америций-241 - 1 шт.; МКС-01Р Радиометр-дозиметр - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Барий-133 - 1 шт.; ОСГИ:Кадмий-109 - 1 шт.; ОИСН:Европий-152 - 1 шт.; ОСАИ: Плутоний-238+Плутоний-239 - 1 шт.;</p>

	Комплект учебной мебели на 9 посадочных мест; Шкаф общелабораторный - 5 шт.; Стол лабораторный - 14 шт.; Комплект учебной мебели на 9 посадочных мест; Шкаф общелабораторный - 5 шт.; Стол лабораторный - 14 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 1 шт.
--	--

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 Ядерная физика и технологии, профиль «Безопасность и нераспространение ядерных материалов» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ

Кузнецов М.С.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ ИЯТШ (протокол от «28» июня 2019 г. №16).

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)
2020/2021 учебный год	<ol style="list-style-type: none">1. Обновлено программное обеспечение2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем3. Обновлено содержание разделов дисциплины4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 №29-д