

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТН

(О.Ю. Долматов)

«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 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	

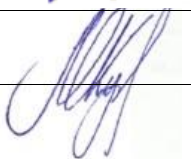
Вид промежуточной
аттестации

экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
---------	---------------------------------	------

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения

Руководитель ООП

Преподаватель

	А.Г. Горюнов
	П.Н. Бычков
	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	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.;

		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 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ

Кузнецов М.С.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ ИЯТШ (протокол от «31» мая 2018 г. №3).

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. 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 г. № 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