

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«25» 06

2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
 ПРИЕМ 2020 г.  
 ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ**

**МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГАРАНТИЙ**

Направление подготовки/ специальность	<b>14.04.02 Ядерные физика и технологии</b>		
Образовательная программа (направленность (профиль))	<b>Nuclear Science and Technology / Ядерные физика и технологии</b>		
Специализация	<b>Nuclear Safety, Security and Non-Proliferation of Nuclear Materials / Безопасность и нераспространение ядерных материалов</b>		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	-	
	Лабораторные занятия	40	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		116	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		<b>курсовой проект</b>	
ИТОГО, ч		180	

Вид промежуточной  
аттестации

**Экзамен  
Диф.зачёт**

Обеспечивающее  
подразделение

ОЯТЦ ИЯТШ

Зав. кафедрой-руководитель  
ОЯТЦ на правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

А.Г. Горюнов

В.В. Верхотурова

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	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1	Управляет проектом, выделяя этапы жизненного цикла проекта, определяет связи между поставленными задачами и ожидаемыми результатами их решения	УК(У)-2.1В2	Владеет методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта
				УК(У)-2.1У2	Умеет объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта, определять основные этапы и направления работ
				УК(У)-2.1З2	Знает этапы разработки и реализации проекта
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.3	Организует обсуждение результатов исследовательской и проектной деятельности на различных публичных мероприятиях на иностранном языке (английском), выбирая подходящий формат	УК(У)-4.3В1	Владеет полученными знаниями по иностранному языку (английскому) на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У1	Умеет воспринимать на слух аутентичные аудио- и видео материалы, в т.ч. связанные с направлением подготовки
				УК(У)-4.3З1	Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на иностранном языке (английском), принятых в международной среде
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.1	Выполняет, производит оценку и представляет результаты выполненной работы, руководствуясь современными методами исследования	ОПК(У)-2.1В1	Владеет навыками применения современных методов исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
				ОПК(У)-2.1У1	Умеет применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
				ОПК(У)-2.1З1	Знает современные методы проведения исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
ПК(У)-3	Способен применять методы исследования и расчета современных систем, приборов и устройств в области ядерной физики, физических измерений, технологий контроля и физической защиты ядерных и радиоактивных материалов	И.ПК(У)-3.5	Проводит измерения основных параметров ядерных материалов и радиоактивных веществ с помощью физико-химических и инструментальных методов	ПК(У)-3.5В2	Владеет навыками проведения разрушающего и неразрушающего анализа ядерных материалов и радиоактивных веществ
				ПК(У)-3.5У2	Умеет проводить проверку правильности и полноты заявлений о наличии количества ядерных материалов, заявленных государством
				ПК(У)-3.5З2	Знает оборудование и методы, применяемые для обеспечения гарантий нераспространения ядерных материалов с целью предотвращения их переключения.

## 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 расчетное сопровождение работ, связанных с анализом ядерных материалов с целью обеспечения гарантий нераспространения.	И.УК(У)-2.1 И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-3.5
РД 2	Применять экспериментальные методы анализа для предотвращения переключений ядерных материалов.	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-3.5
РД 3	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях ядерных материалов и радиоактивных веществ.	И.УК(У)-2.1 И.УК(У)-4.3 И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-3.5

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.
<b>Раздел 1. Спектрометрия ядерных материалов</b>	РД 1	Лекции	<b>6</b>
	РД 2	Лабораторные занятия	<b>10</b>
	РД 3	Самостоятельная работа	<b>30</b>
<b>Раздел 2. Счет нейтронов</b>	РД 1	Лекции	<b>4</b>
	РД 2	Лабораторные занятия	<b>6</b>
	РД 3	Самостоятельная работа	<b>24</b>
<b>Раздел 3. Измерение отработавшего топлива</b>	РД 1	Лекции	<b>4</b>
	РД 2	Лабораторные занятия	<b>8</b>
	РД 3	Самостоятельная работа	<b>24</b>
<b>Раздел 4. Альтернативные методы НРА</b>	РД 1	Лекции	<b>2</b>
	РД 2	Лабораторные занятия	<b>8</b>
	РД 3	Самостоятельная работа	<b>18</b>
<b>Раздел 5. Элементный анализ</b>	РД 1	Лекции	<b>4</b>
	РД 2	Лабораторные занятия	<b>4</b>
	РД 3	Самостоятельная работа	<b>10</b>
<b>Раздел 6. Изотопный анализ</b>	РД 1	Лекции	<b>4</b>
	РД 2	Лабораторные занятия	<b>4</b>
	РД 3	Самостоятельная работа	<b>10</b>

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Спектрометрия ядерных материалов**

*Задачи курса. 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:**

1. Сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы. Принципиальная схема спектрометра.
2. Определение эффективности регистрации гамма-спектрометрического тракта. Выбор детектора. Обработка спектров при гамма-спектрометрии.
3. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества). Погрешности спектрометрического анализа.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Сравнение результатов измерения ядерных материалов сцинтилляционным и полупроводниковым детекторами
2. Калибровка полупроводникового детектора по энергии и эффективности.
3. Набор и анализ гамма-спектров в управляющей среде Genie-2000 с использованием HpGe детектора.
4. Альфа-спектрометрические измерения относительного содержания  $^{238}\text{Pu}$  в образцах плутония

### **Раздел 2. 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:**

4. Эмиссия нейтронов ядерным топливом и их детектирование.
5. Измерение суммарного нейтронного потока. Счет нейтронных совпадений.

#### **Названия лабораторных работ**

5. Измерение нейтронного потока с помощью радиометра-дозиметра МКС-01Р.
6. Измерения параметров ядерных материалов совпадений с помощью колодезного счетчика нейтронных совпадений.

### **Раздел 3. 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:**

6. Эмиссия и детектирование нейтронов. Регистрация суммарного нейтронного и гамма-излучения. Спектрально-энергетический анализ гамма-излучения
7. Сканирование гамма-излучения по интенсивности. Регистрация черенковского излучения.

#### **Названия лабораторных работ**

7. Расчет параметров отработавшего ядерного топлива.

8. Гамма-спектрометрический анализ проб сложного состава.

#### **Раздел 4. Альтернативные методы НРА**

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

##### **Темы лекций:**

8. Радиационные измерения. Измерение физических свойств

##### **Названия лабораторных работ**

9. Радиологическое обследование мощения с помощью радиометра-дозиметра МКС-01Р  
10. Исследование физических свойств ядерных материалов.

#### **Раздел 5. Элементный анализ**

*Точность и правильность методов разрушающего анализа. Химические реакции для определения наличного количества ядерных материалов. Методы титрования, осаждения и гравиметрии при измерении растворов ядерных материалов.*

##### **Темы лекций:**

9. Химические методы анализа ядерных материалов  
10. Рентгенофлуорисцентный анализ. Масс-спектрометрия

##### **Названия лабораторных работ**

11. Определение содержания ядерных материалов с помощью рентгено-флуоресцентного анализатора (на базе РФА анализатора «СПЕКТРОСКАН-МАКС-G»)

#### **Раздел 6. Изотопный анализ**

*Изотопы урана и плутония. Особенности изотопного излучения ядерных материалов. Методики гамма-спектрометрического анализа ядерных материалов. Программное обеспечение для анализа обогащения материалов. Методы определения содержания урана и плутония в твердых веществах и растворах.*

##### **Темы лекций:**

11. Анализ изотопного состава методом гамма-спектрометрии  
12. Определение изотопного состава методов масс-спектрометрии.

##### **Названия лабораторных работ**

12. Определение изотопного содержания урана в образцах с помощью кода MGAU

##### **Тематика курсовых проектов:**

1. Гамма-спектрометрический анализ пробы неизвестного образца
- Радиоактивные вещества.
  - Природные минералы, содержащие ядерные материалы и радиоактивные вещества.
  - Образцы содержащие ядерные материалы.

#### **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. Cerrito, L. Radiation and Detectors. Introduction to the Physics of Radiation and Detection Devices / L. Cerrito. - Cham : Springer International Publishing, 2017. — XIV, 210 p. — Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-53181-6> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа : по подписке.
2. D’Auria S. In Introduction to Nuclear and Particle Physics / S. D’Auria. - Cham : Springer, 2018. — XIII, 192 p. — Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-93855-4> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа : по подписке.
3. Tavernier, S. Experimental Techniques in Nuclear and Particle Physics / S. Tavernier. - New York : Springer, 2010. – IX, 306 p. - Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-00829-0> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа : по подписке.

#### **Дополнительная литература:**

1. Morse, E. C. Analytical Methods for Nonproliferation / E. C. Morse. — Cham : Springer International Publishing, 2016. — XIII, 250 p. — Текст : электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-29731-6> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа : по подписке.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. NUREG/CR-5550, LA-UR-90732. Passive Nondestructive Assay of Nuclear Materials / by editors D. Reilly, N. Ensslin, H. Smith Jr. - Springfield : National Technical Information Service, 1991. — XXI, 700 p. - URL: <http://large.stanford.edu/courses/2013/ph241/harrison1/docs/ML091470585.pdf> (дата обращения: 15.05.2020). – Текст : электронный.
2. Planning and organizing nuclear security systems and measures for nuclear and other radioactive material out of regulatory control : technical guidance. – Viena : International Atomic Energy Agency, 2019. – 58 p. – (IAEA Nuclear Security Series, No. 34-T). – URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1842\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1842_web.pdf) (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа : свободный доступ из сети интернет. - Текст электронный.
3. Preventive measures for nuclear and other radioactive material out of regulatory control : implementing guide / International Atomic Energy Agency. - Viena : International Atomic Energy Agency, 2019. – 28 p. – (IAEA Nuclear Security Series, No. 36-G). - URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1855\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1855_web.pdf) (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа : свободный доступ из сети интернет. - Текст

- электронный.
4. 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). — 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.
  5. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
  6. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
  7. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
  8. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
  9. Международная база ядерных данных - <https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>
  10. 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. № 367 – <http://kodeks.lib.tpu.ru/doc/>

**Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):**

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. Amazon Corretto JRE 8;
5. Design Science MathType 6.9 Lite;
6. Far Manager;
7. Google Chrome;
8. Notepad++;
9. WinDjView;
10. Amazon Corretto JRE 8;
11. Ansys 2020;
12. Dassault Systemes SOLIDWORKS 2020 Education;
13. Design Science MathType 6.9 Lite;
14. Far Manager;
15. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
16. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic.

**7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

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

№	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. Томск, Ленина проспект, д. 2, 248	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 10 шт.; Тумба подкатная - 5 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех	Комплект учебной мебели на 9 посадочных мест; Шкаф общелабораторный - 5 шт.; Тумба стационарная

<p>типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 318</p>	<p>- 6 шт.; Стол лабораторный - 14 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 1 шт.</p> <p>Лабораторный 2-х входовой альфа-спектрометр для спектрометрии альфа-излучений "Analyst 450A" - 1 шт.; Комплект источников ОСАИ - 1 шт.; Спектрометр Бета 1С - 1 шт.; Радиометр РПС-07П - 1 шт.; Комплект источников ОСГИ - 1 шт.; Комплект источников ОСГИ-3 - 1 шт.; ОРИБИ:Стронций-90+Иттрий-90 - 1 шт.; Специализированный гамма спектрометр "Уран-плутониевый Инспектор" - 1 шт.; Ручной цифровой спектрометр Inspector 1000 - 1 шт.; Аналитический комплекс "СПЕКТРОСКАН МАКС -G" - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-5000г с гирей калибровочной 2 кг F2 - 1 шт.; Комплекс для проведения лабораторных работ по определению спектра гамма излучения - 1 шт.; Генератор АНР-1002 - 1 шт.; Система измерения плутониевых и урановых образцов - 1 шт.; МКС-01Р Радиометр-дозиметр - 1 шт.; Анализатор многоканальный TDS 2024 - 1 шт.; Спектрометр-радиометр бета-излучения МКГБ-01 - 1 шт.; прибор ДРГ-05 - 1 шт.; Весы ОНАУС аналитические Plus AP250D - 1 шт.; Комплексная установка для проведения лабораторных работ по альфа-бета-гамма - 1 шт.; Источник питания АТН-2031 - 1 шт.; Источник питания НУ-3003 - 1 шт.; Спектрометрический комплекс СКС-08П-Г59 - 1 шт.; Спектрометр Гамма 1С - 1 шт.; Перчаточный бокс - 1 шт.; Весы электронные SHIMADZU - 1 шт.; Закрытый источник ионизирующего излучения - 2 шт.; Комплект источников ОИСН - 1 шт.; Система для измерения характеристик фотонного излучения - 1 шт.</p>
--	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Nuclear Science and Technology», специализация «Nuclear Safety, Security and Non-Proliferation of Nuclear Materials (Безопасность и нераспространение ядерных материалов)» по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Кузнецов М.С.

Программа одобрена на заседании Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «25» июня 2020 г. № 28-д).

Зав. кафедрой-руководитель ОЯТЦ  
на правах кафедры, д.т.н, профессор

  
 \_\_\_\_\_ /Горюнов А.Г./  
 подпись