

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

**Передовая инженерная школа атомного машиностроения**  
**и систем высокой плотности энергии (ПИШ)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Директор ПИШ**

\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов

(подпись) (ф. и. о.)

27 июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**М1.В.ОД.3 «Физическая теория ионизирующего излучения»**

**для подготовки магистров**

Направление подготовки: 14.04.02 "Ядерная физика и технологии"  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Ядерное топливо и основное оборудование  
высокотемпературных газовых реакторов"  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_ 2023 \_\_\_\_\_

Выпускающая кафедра: \_\_\_\_\_ ЯРиЭУ \_\_\_\_\_  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: \_\_\_\_\_ ЯРиЭУ \_\_\_\_\_  
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: \_\_\_\_\_ 144/4 \_\_\_\_\_  
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: \_\_\_\_\_ Экзамен \_\_\_\_\_  
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик(и): \_\_\_\_\_ Хохлов В.Н., к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2023 год

Рецензент: Головки В.Ф., д.т.н., профессор кафедры АТС  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

29 мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения»: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.04.02. "Ядерная физика и технологии", утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 152 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол №22 от 25.05.2023 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы протокол от 30.05.2023 г. № 8

Зав. кафедрой, *д.т.н., профессор, Андреев В.В* \_\_\_\_\_  
подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИЯЭиТФ, где реализуется данная программа,  
протокол от 20.06.2023 г. № 23

Председатель УМС, директор ИЯЭиТФ \_\_\_\_\_ М.А. Легчанов

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 14.04.02-в-11  
Начальник МО \_\_\_\_\_ Н.Р. Булгакова

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	16
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	16
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	19
РЕЦЕНЗИЯ .....	21

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Целью освоения дисциплины является:**

Приобретение студентами знаний в области теории ионизирующих излучений, навыков по решению профессиональных задач по обеспечению защиты персонала атомных электростанций.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучение видов и источников ионизирующего излучения
- изучение основных понятий, определений, норм и правил радиационной безопасности
- изучение влияния ионизирующего излучения на человека, приобретение навыков по расчёту необходимой защиты от излучения

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) М1.В.ОД.3 «Физическая теория ионизирующего излучения» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Изучение дисциплины осуществляется на 1-м курсе в 1-м семестре. Кроме дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения» в формировании компетенции ПК-6 параллельно участвуют дисциплины: «Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок», «Реакторные установки типа "Высокотемпературный газовый реактор"», «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок», «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла».

Студенты в процессе изучения дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения» получают необходимые знания в области радиоактивности и теории ионизирующего излучения.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Все это является основой для дальнейшей подготовки студента как высококвалифицированного специалиста в области высокотемпературных газовых реакторов.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения» у обучающегося частично формируется компетенция ПК-6, полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ПК-6

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками			
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.
ПК-6	Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок				
	Реакторные установки типа "Высокотемпературный газовый реактор"				
	Физическая теория ионизирующего излучения				
	Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов				
	Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов				
	Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок				
	Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла				
	Проектная практика				
	Научно-исследовательская работа				
	Научно-исследовательская работа				
	Преддипломная практика				
	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Профессиональная компетенция ПК-6 формируется с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этих компетенций и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2).

**Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ПК-6</b> Способен анализировать и определять меры безопасности для новых установок и технологий, учитывая их соответствие требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	ИПК-6.1. Проводит анализ и определяет меры безопасности для новых установок и технологий в соответствии с требованиями законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам. ИПК-6.2. Использует законы в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другие нормативные акты.	- источники ионизирующих излучений и их радиационные характеристики - механизм биологического действия ионизирующего излучения - методы измерения уровней опасностей в среде обитания - методы контроля радиационной обстановки	- анализировать механизмы воздействия ионизирующих излучений на человека, определять характер взаимодействия с организмом человека с учетом специфики механизма токсического действия радиоактивных веществ - проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты	- навыками проведения защитных мер для предотвращения или частичного ослабления воздействия радионуклидов, попавших в организм	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Освоение дисциплины причастно к освоению ТФ В/01.7 «Контроль обеспечения ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности, требований охраны труда при работе со свежим и отработавшим ядерным топливом в процессе производства электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики»), решает следующие профессиональные задачи:

- Работа методов повышения безопасности ядерных установок, материалов и технологий.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (з.е.) или 144 академических часа, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 57 часа, самостоятельная работа обучающихся - 60 часов (таблица 3).

**Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ**

Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч/з.е.	
	Всего	в том числе в 1 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость, ч/з.е.	144/4	144/4
1. Контактная работа:	57	57
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	51	51
Занятия лекционного типа (Л)	17	17
Лабораторные занятия (ЛР)	34	34
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	6	6
Консультации по дисциплине, текущий контроль	6	6
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	60	60
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	60	60
3. Контроль:	27	27
Подготовка к экзамену	27	27

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов и тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных и внеаудиторных занятий, самостоятельной работы студента и периодического (текущего) контроля.

**Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Планируемые (контролируем ые) результаты освоения и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч						Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа				Самостоятельная работа студентов	Контроль				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические работы	Контроль самостоятельной работы						
ПК-6 ИПК-6.1 ИПК-6.2.	1. Введение. Основные понятия и определения	1	-	-	-	3	-	п.1 табл. 9 РПД стр. 51-58 п.2 табл. 9 РПД, стр. 8-11	Семинар – диалог	-	-
	2. Виды ионизирующих излучений	2	-	-	-	5	-	п.2 табл. 9 РПД, стр. 11-17	Семинар – диалог	-	-
	3. Характеристики полей ионизирующих излучений	2	-	-	1	8	-	п.2 табл. 9 РПД, стр. 19-27	Семинар – диалог	-	-
	4. Взаимодействие излучений с веществом.	4	-	-	2	15	-	п.2 табл. 9 РПД, стр. 27 – 97 п.4 табл. 9 РПД, стр. 10-62	Семинар – диалог	-	-
	Лабораторная работа № 1 Радиометрия ионизирующих излучений с помощью импульсных детекторов и регистрирующих устройств	-	12	-	-	-	-	п.2.1 табл. 9 РПД	Работа в малых группах		



5. Дозовые характеристики полей излучений	2	-	-	1	7	-	п.2 табл. 9 РПД, стр. 98-139	Семинар – диалог	-	-
6. Характеристики источников ионизирующих излучений	2	-	-	1	7	-	п.2 табл. 9 РПД, стр. 140-185	Семинар – диалог		
Лабораторная работа №2 Ослабление плотности потока гамма-излучения веществом. Понятие о факторах накопления.	-	12	-	-	-	-	п.2.2 табл. 9 РПД	Работа в малых группах		
7. Основные принципы нормирования и нормы радиационной безопасности	4	-	-	1	15	-	п.1 табл. 9 РПД стр. 497-507 п.2 табл. 9 РПД, стр. 187-265 п.3 табл. 9 РПД стр. 198-220 п.5 табл. 9 РПД	Семинар – диалог		
Лабораторная работа №3 Алгоритмы и программы расчета ослабления плотности потока нейтронов в защите.	-	10	-	-	-	-	п.2.3 табл. 9 РПД	Работа в малых группах		
Контроль (подготовка к экзамену и его сдача)	-	-	-	-	-	27				
<b>ИТОГО:</b>	17	34	-	6	60	27	144			

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки знаний, умений и навыков или опыта деятельности

Таблица 5 – Перечни контрольных вопросов и заданий по темам занятий для проведения текущего контроля успеваемости

Номер темы		Перечни контрольных вопросов и заданий
цикла лекций	лабораторных занятий	
1	-	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Введение. Основные понятия и определения»:  <b>Тема 1.1.</b> Флюенс и плотность потока частиц. Активность вещества. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная доза.
2	-	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Виды ионизирующих излучений»:  <b>Тема 2.1.</b> Радиоактивное альфа-, бета-, гамма – излучение, нейтронное излучение. <b>Тема 2.2.</b> Распределение нейтронов по группам в зависимости от энергии.
3	-	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Характеристики полей ионизирующих излучений»:  <b>Тема 3.1.</b> Дифференциальные и интегральные характеристики полей излучений.
4	1	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Взаимодействие излучений с веществом»:  <b>Тема 4.1.</b> Типы взаимодействий излучений с веществом: поглощение, ионизация, рассеяние, ядерные реакции. <b>Тема 4.2.</b> Взаимодействие нейтронов с веществом. <b>Тема 4.3.</b> Эффективные сечения взаимодействия. Радиометрия ионизирующих излучений с помощью импульсных детекторов и регистрирующих устройств.
5	-	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Дозовые характеристики полей излучений»:  <b>Тема 5.1.</b> Основные дозовые характеристики полей излучений. Связь между дифференциальными и дозовыми характеристиками полей излучений при внешнем облучении
6	2	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Характеристики источников ионизирующих излучений»:  <b>Тема 6.1.</b> Радионуклиды как источники ионизирующих излучений. Исследовательские установки для получения излучений.
7	3	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Основные принципы нормирования и нормы радиационной безопасности»:  <b>Тема 7.1.</b> Основные нормативные документы по радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений и при проектировании, строительстве и эксплуатации атомных станций. <b>Тема 7.2.</b> Нормы радиационной безопасности. Основные дозовые пределы. <b>Тема 7.3.</b> Принципы расчетов предельно допустимых уровней и потоков ионизирующих излучений <b>Тема 7.4.</b> Алгоритмы и программы расчета ослабления плотности потока нейтронов в защите.

Таблица 6 – Перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
1	Виды ионизирующих излучений. Характеристики основных видов излучений
2	Первичное и вторичное ионизирующее излучение
3	Дифференциальные и интегральные характеристики полей излучений
4	Физический смысл плотности потока частиц. Флюенс частиц

5	Типы взаимодействия излучений с веществом
6	Фотоэффект. Эффект Комптона
7	Ядерные реакции как тип взаимодействия ИИ с веществом
8	Характеристическое и тормозное излучение
9	Образование пар электрон-позитрон
10	Формула Брейта-Вигнера
11	Упругое и неупругое рассеяние нейтронов
12	Специфика взаимодействия заряженных частиц с веществом
13	Поглощённая доза. Эквивалентная и эффективная доза
14	Связь между поглощённой дозой в воздухе и эффективной дозой при внешнем фотонном облучении
15	Однокамерная и многокамерная модели оценки доз
16	Активность и постоянная распада радионуклида
17	Источники $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -излучения. Источники нейтронов
18	Источники фотонного излучения
19	Ядерный реактор как источник гамма-нейтронного излучения.
20	Закон ослабления плотности потока гамма-излучения веществом
21	Понятие факторов накопления. Виды факторов накопления.
22	Биологические эффекты радиационного воздействия
23	Уровни фоновой облучения человека
24	Основные дозовые пределы для различных групп людей
25	Требования по ограничению облучения в условиях радиационной аварии

## 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Процедуры оценивания формируемых компетенций определяют следующие нормативные документы, разработанные в НГТУ и к которым возможен доступ на сайте учебно-методического управления <https://www.nttu.ru/structure/view/podrazdeleniya/uchebno-metodicheskoe-upravlenie> по вкладке «Нормативные документы и локальные акты по обеспечению образовательного процесса НГТУ»:

Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18).

В результате изучения дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ПК-6 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ПК-6 в процессе текущего контроля знаний осуществляется по критериям и показателям, приведенным в таблице 7.

**Таблица 7 – Критерии, показатели и шкала оценивания формируемых компетенций в процессе текущего контроля знаний**

Коды		Виды и номера тем занятий	Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенций			
компетенций	индикаторов достижения компетенций			«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
ПК-6	ИПК-6.1. ИПК-6.2.	Защита отчётов по лабораторным работам	<u>Критерий 1</u> Полнота и убедительность ответа на контрольные и дополнительные вопросы	Студент полно, логично излагает ответы на контрольные и дополнительные вопросы.	Студент полно и логично отвечает на вопросы, однако, неполно или неточно отвечает на дополнительные вопросы.	Студент не даёт ответов на дополнительные вопросы, ответы на контрольные вопросы сформулированы неполно и неточно.	Студент неправильно отвечает на контрольные вопросы.
			<u>Критерий 2</u> Степень понимания изученного материала	Студент правильно оформляет отчет о выполнении лабораторной работы, понимает весь ход работы, способен объяснить примененные законы и формулы в опыте.	Студент правильно оформляет отчет, однако, есть ошибки в суждениях, формулах, графиках, которые он сам исправляет, понимает ход проделанной работы.	Студент допускает грубые ошибки при оформлении отчета или не понимает ход проделанной работы, однако, сам исправляет ошибки.	Студент неправильно оформляет отчёт по работе, не понимает хода работы, не может объяснить законы, формулы, применяемые в работе.

В соответствии с пунктом 4.11 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) по итогам текущего контроля по дисциплине в семестре преподаватель решает вопрос о возможности прохождения студентом промежуточной аттестации по дисциплине. Обучающиеся, не выполнившие минимальные требования по рабочей программе дисциплины (сдача всех лабораторных работ хотя бы на «удовлетворительно») и/или имеющие до 50% пропусков занятий, получают оценку «неудовлетворительно» («не зачтено») по данной дисциплине.

В соответствии с пунктом 5.9 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) во время сессионного периода проводится экзамен со студентами, отнесенными преподавателем к первой категории, т.е. выполнившими минимальные требования по РПД и имеющими менее 50% пропусков занятий (лекций и лабораторных занятий). Студенты, отнесенные ко второй категории, т.е. не выполнившие минимальные требования по РПД и имеющие до 50% и более пропусков занятий (лекций и лабораторных занятий), к экзамену не допускаются и получают академическую задолженность по данной дисциплине.

Для выполнения минимальных требований по изучению дисциплины обучающиеся должны иметь только положительные оценки по текущему контролю их знаний на всех занятиях, на которых они присутствовали и защищали работы на лабораторных занятиях.

В соответствии с пунктом 5.10 того же Положения – наиболее успешно обучающимся по дисциплине студентам преподаватель может поставить оценку за экзамен без опроса (по итогам текущего контроля знаний).

Оценивание формируемых компетенций и по экзамену в целом осуществляется по шкале оценивания, представленной в таблице 8.

**Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации**

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ПК-6	Высокий уровень «5» (отлично)	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
	Средний уровень «4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
	Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
	Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература, печатные и электронные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

**Таблица 9 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий**

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1.	Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы: Справочник: В 4-х кн. Кн.1 / М.С. Алхутов [и др.]; под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МЭИ, 2000. - 528 с.	15
2.	Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: Учебник для вузов / Б.П. Голубев; под ред. Е.Л. Столяровой. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 461 с.	8
3.	Защита от излучений ядерно-технических установок. Физические основы защиты от излучений. Учебник для вузов. / Гусев Н.Г., Климанов В.А., Машкович В.П., Суворов А.П., Том 1. 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1989	-
<b>2. Дополнительная литература</b>		
1.	Радиометрия ионизирующих излучений с помощью импульсных детекторов и регистрирующих устройств: Лаб. работа N1: Метод. указания к лаб. работам по дисц. "Измерения ионизирующих излучений в ЯЭУ" для студ. спец. 070500 "Ядерные реакторы и энергет. установки" дневной формы обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Каф. "Ядерные реакторы и энергет. установки"; Сост: В.В. Иванов, В.Н. Хохлов, Д.А. Голубева; Науч. ред. Ю.И. Аношкин. - Н. Новгород: [Б.и.], 2010. - 18 с	10
2.	Спектрометрия ионизирующих излучений с помощью импульсного пропорционального детектора и многоканального амплитудного анализатора: Метод. указания по дисц. "Радиационная безопасность" (лаб. работа N 2) для студ. спец. 070500 "Ядерные реакторы и энергет. установки" дневной формы обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Каф. "Ядерные реакторы и энергет. установки"; Сост.: В.Н. Хохлов, В.В. Иванов. – Н. Новгород: [Б.и.], 2010. - 27 с.	50
3.	Измерение ионизирующих излучений с помощью импульсных детекторов и временных анализаторов: Лаб. работа N3: Метод. указания к лаб. работам по дисц. "Радиационная безопасность" для студ. ИЯЭиТФ / НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Каф. "Ядерные реакторы и энергет. установки"; Сост: В.В. Иванов, В.Н. Хохлов; Науч. ред. Ю.И. Аношкин. - Н. Новгород: [Б.и.], 2012. - 22 с.	10

### 6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В помощь участникам образовательного процесса (преподавателям и студентам) в НГТУ разработаны следующие учебно-методические документы:

1) Е.Г. Ивашкин, Жукова Л.П. Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования: Учебное пособие / Е.Г. Ивашкин, Л.П. Жукова; НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 80 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

2) Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения: Учебное пособие / Т.И. Ермакова, Е.Г. Ивашкин; НГТУ. – Нижний Новгород, 2013. – 158 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

3) Жукова Л.П. Методические рекомендации по организации аудиторной работы / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 63 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ);

4) Ермакова Т.И. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 35 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ).

Указанные материалы размещены в электронном виде на сайте учебно-методического управления в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ».

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

- оформление результатов выполнения заданий на практических занятиях;
- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

- главная страница НТБ: <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>;
- электронная библиотека НГТУ: <https://library.nntu.ru/megapro/web>;
- библиотека электронных учебников: <http://fdp.nntu.ru/книжная-полка/>.

На странице «Ресурсы» сайта НТБ по соответствующим вкладкам возможен доступ к необходимым ресурсам на следующих страницах:

- «Электронная библиотека» по вкладке «Электронный каталог НГТУ»;
- «Книжная полка» по вкладке «Библиотека электронных учебников»;
- «Электронно-библиотечная система «Лань» по вкладке «ЭБС «Лань»;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА - Студенческая электронная библиотека» по вкладке «ЭБС «Консультант студента»;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» по вкладке «ЭБС «Юрайт».

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях Web of Science и Scopus, а также к реферативным журналам, выбранным из баз данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) и выписываемым НТБ.

С компьютеров специализированных аудиторий НТБ (ауд. 2201, 2210, 6162) возможен доступ к внешним ресурсам:

- профессиональным справочным системам «Кодекс», «Гарант», «КонсультантПлюс», «Техэксперт»;
- Федеральному информационному фонду стандартов ФГУП «Стандартинформ».

С компьютеров сети НГТУ возможен доступ к базам данных, журналам и коллекциям электронных книг таких зарубежных издательств, как:

- платформа НЭИКОН, включающая 10 издательств;
- Elsevier (журналы Freedom Collection);
- Springer Nature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска Orbit Intelligence Premium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>

- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки  
ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

## 7.2. Перечень программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 11 раздела 9 настоящей РПД.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Информация размещена в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»: <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>.

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1.	ЭБС «Консультант студента»	Озвучка книг и увеличение шрифта
2.	ЭБС «Лань»	Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3.	ЭБС «Юрайт»	Версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен современным аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Физическая теория ионизирующего излучения» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 11.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	№ 5217 Экспериментальная лаборатория «Исследование ионизирующих излучений»	Интерактивная панель; Сцинтилляционный гамма-спектрометр; Компьютер HP Intel® Core™ i3-9100 CPU @ 3.60GHz 3.60 GHz 8 Gb -13 шт	ОС Windows 7 Профессиональная Service Pack 1, Microsoft 2009, подписка MSDN AA Developer Original; Membership, ID: 700493608, бессрочная; Программа обработки спектров гамма-излучения «Гамма СЦ Базовая»; Информационно-справочная программа ИСС «Нуклиотека»
2.	5232 Мультимедийная аудитория для проведения лекционных и практических занятий	1. Доска меловая - 1 шт. 2. Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb - 1 шт.	1. Windows 10 Pro для учебных заведений (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18);



№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		3. Мультимедийный проектор стационарный потолочный BENQ MW621ST - 1 шт. 4. Экран - 1 шт. 5. Рабочее место студента - 46.	2. MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic; 3. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23 до 28.05.24) 4. Распространяемое по свободной лицензии: -OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. -Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО. -Adobe Acrobat Reader DC-Russian.
3.	№ 5223 Измерительная лаборатория ионизирующих излучений	Спектрометрический комплекс «Прогресс» – 1 шт.; Микроскоп Микромед МЕТ-2 – 1 шт.; Комплекс технических средств для построения систем радиационного контроля "Фрегат" – 1 шт; Дозиметр – радиометр ДКС-96 – 1 шт. Дозиметр гамма и рентгеновского излучения ДКГ-09Д - 2 шт. Комплекс измерительный универсальный УИМ-Д – 1 шт.	Прикладное программное обеспечение верхнего уровня КТС «Фрегат» ПО MS Office Home and Business 2016

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Основными элементами структуры аудиторной работы по дисциплине являются:

- виды аудиторной работы;
- формы аудиторной работы, включающие формы ее выполнения, формы представления ее результатов и формы контроля уровня освоения компетенции ПК-6.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение лабораторных работ;

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические семинары;
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

- конспекты;
- рабочие материалы;

– доклады на семинарах, тезисы выступлений.

Уровень развития компетенции ПК-6 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических семинарах и коллоквиуме (уметь, владеть).

Функциональные свойства форм аудиторной работы определены свойствами применяемых технологий, обеспечивающих изучение и освоение объема содержания дисциплины, отнесенного к определенной форме.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих образовательных технологий:

- на лекционных занятиях - проблемные лекции;
- на лабораторных занятиях – семинары.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлен зачет по промежуточной аттестации в соответствии с разделом 5.2 настоящей РПД.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя. При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе; -
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

## 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая:

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- отчет по лабораторным работам;
- решение индивидуальных практических заданий.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен

#### Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК6: ИПК-6.1, ИПК-6.2):

1. Виды ионизирующих излучений. Характеристики основных видов излучений
2. Первичное и вторичное ионизирующее излучение
3. Дифференциальные и интегральные характеристики полей излучений
4. Физический смысл плотности потока частиц. Флюенс частиц
5. Фотоэффект. Эффект Комптона
6. Ядерные реакции как тип взаимодействия ИИ с веществом
7. Характеристическое и тормозное излучение
8. Образование пар электрон-позитрон
9. Формула Брейта-Вигнера
10. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов
11. Специфика взаимодействия заряженных частиц с веществом
12. Поглощённая доза. Эквивалентная и эффективная доза
13. Связь между поглощённой дозой в воздухе и эффективной дозой при внешнем фотонном облучении
14. Однокамерная и многокамерная модели оценки доз
15. Активность и постоянная распада радионуклида
16. Источники  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучения. Источники нейтронов
17. Источники фотонного излучения
18. Ядерный реактор как источник гамма-нейтронного излучения.
19. Закон ослабления плотности потока гамма-излучения веществом
20. Понятие факторов накопления. Виды факторов накопления.
21. Биологические эффекты радиационного воздействия
22. Уровни фонового облучения человека
23. Основные дозовые пределы для различных групп людей
24. Требования по ограничению облучения в условиях радиационной аварии

### Пример оформления экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Передовая инженерная школа атомного машиностроения  
и систем высокой плотности энергии (ПИШ)

Кафедра Ядерные реакторы и энергетические установки

Дисциплина Физическая теория ионизирующего излучения

#### БИЛЕТ № 3

1. Фотоэффект. Эффект Комптона.
2. Источники  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучения. Источники нейтронов.

*Зав. кафедрой ЯРиЭУ*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Весь комплект экзаменационных билетов по дисциплине «Физическая теория ионизирующего излучения» хранится на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки» в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения», реализуемую по основной образовательной программе высшего образования "Ядерное топливо и основное оборудование высокотемпературных газовых реакторов" по направлению подготовки 14.04.02 "Ядерная физика и технологии" (квалификация выпускника «магистр»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Учебная дисциплина «Физическая теория ионизирующего излучения» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируется профессиональная компетенция ПК-6, прописанная в учебном плане по направлению подготовки 14.04.02 "Ядерная физика и технологии". При этом указаны требования к знаниям, умениям и навыкам, полученным в ходе изучения дисциплины, по каждой из формируемых компетенций.

Цели освоения дисциплины, соотносятся с общими целями ОП ВО по направлению подготовки 14.04.02 "Ядерная физика и технологии". В рабочей программе дано описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОП ВО (дисциплинами и практиками), представлены междисциплинарные связи с другими теоретическими и практико-ориентированными дисциплинами ОП ВО, к которым относятся «Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок», «Реакторные установки типа "Высокотемпературный газовый реактор"», «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок», «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла».

В процессе изучения учебной дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается на проектной, а завершается на преддипломной практике.

Тематический план изучения дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения», образовательные технологии, оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, перечень основной и дополнительной литературы, программного обеспечения и Интернет-ресурсы, а также материально-техническое обеспечение способствуют планомерному и качественному освоению всех указанных в плане дидактических единиц. К достоинствам рабочей программы можно отнести то, что в план дисциплины включены темы, раскрывающие сущность актуальных на сегодняшний день проблем атомного машиностроения. Рецензируемая рабочая программа дисциплины «Физическая теория ионизирующего излучения» представлена на официальном сайте вуза, отвечает нормативным требованиям федерального и локального уровня и полностью соответствует компетентностно-квалификационной характеристике выпускника указанной ОП ВО.

Наибольшую значимость для студентов придаст привлечение к преподаванию данной учебной дисциплины представителей АО «ОКБМ Африкантов», являющимся крупным научно-производственным центром атомного машиностроения, располагающим многопрофильным конструкторским коллективом, собственной исследовательской, экспериментальной и производственной базой.

Рецензент, Головкин В.Ф., д.т.н., профессор кафедры АТС

\_\_\_\_\_ (подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.