

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8	4	144	30	0	15	45	0	Э
Итого	4	144	30	0	15	45	0	

## **АННОТАЦИЯ**

В курсе изучаются физические основы защиты от ионизирующих излучений. Рассматриваются вопросы распространения и защиты от фотонного излучения, защита от нейтронов и защиты от корпускулярных частиц. Изучаются методы расчёта защиты от каждого вида излучений, условия их применения для решения практических задач. Подробно рассматриваются предельно-допустимые уровни ионизирующих излучений и изучаются вопросы нормирования радиационной безопасности.

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

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) являются:

приобретение знаний по характеристикам полей и источников ионизирующих излучений; ознакомление с основными подходами к нормированию и установлению предельно-допустимых уровней излучений, нормами радиационной безопасности; анализ физических основ формирования полей фотонов в различных средах; освоение приближенных инженерных методов расчетов защиты от фотонного излучения.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций. Освоение ее базируется на предварительном изучении математики, общей и ядерной физики, дозиметрии, радиобиологии. Студент должен знать свойства ионизирующих излучений, быть знакомым с физикой взаимодействия излучений с веществом, иметь представление об ядерных реакциях, приводящих к образованию ионизирующих излучений, основных эффектах биологического действия излучений, иметь навыки в расчете характеристик полей излучений, уметь программировать.

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
		научно-исследовательский	

<p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать методы проведения исследований физических процессов ; У-ПК-3[1] - уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок ; В-ПК-3[1] - владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке</p>
<p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>ПК-2.2 [1] - Способен проводить физические эксперименты по определению характеристик полей излучений, готовность к разработке дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры для радиационного контроля;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-2.2[1] - Знать Методы и средства математической обработки результатов экспериментальных исследований ; У-ПК-2.2[1] - Уметь разрабатывать новые блоки детектирования дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры ; В-ПК-2.2[1] - Владеть Методиками проведения физических экспериментов</p>
<p>производственно-технологический</p> <p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и</p>	<p>процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами</p>	<p>З-ПК-10[1] - знать критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; ; У-ПК-10[1] - уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ;; В-ПК-10[1] - владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а</p>

обеспечения ядерной и радиационной безопасности	технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-11 [1] - Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032	З-ПК-11[1] - знать правила техники безопасности при проведении монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ; ; У-ПК-11[1] - уметь проводить монтаж, ремонт и демонтаж оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС;; В-ПК-11[1] - владеть навыками монтажных и демонтажных работ на технологическом оборудовании
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-9 [1] - Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-9[1] - Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; ; У-ПК-9[1] - уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;; В-ПК-9[1] - владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.

проектный

проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-2.3 [1] - Способен к расчету и проектированию биологических защит и систем автоматизированного контроля радиационной безопасности АЭС  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2.3[1] - Знать основные законы распространения ионизирующих излучений в однородных и неоднородных средах;; У-ПК-2.3[1] - Уметь проектировать системы автоматизированного контроля радиационной безопасности на АЭС и безопасного обращения с ОЯТ и РАО; В-ПК-2.3[1] - Владеть методами проектирования биологических защит радиационно-опасных объектов АЭС
---	--	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств

		<p>посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:        - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:        - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;        - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с</p>

Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (В24)	<p>экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p> <p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.</p> <p>3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов,</p>
-----------------------------	--	---

			<p>методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>
--	--	--	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции / Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел*:	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Защита от нейtronов	1-8	16/0/8	КИ-8	25	КИ-8	
2	Защита от заряженных частиц. Альбедо излучений	9-15	14/0/7	КИ-16	25	КИ-16	
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		30/0/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50		

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>	<b>Лек., час.</b>	<b>Пр./сем., час.</b>	<b>Лаб., час.</b>
	<i>8 Семестр</i>	30	0	15
<b>1-8</b>	<b>Защита от нейtronов</b>	16	0	8
1 - 8	<b>Защита от нейtronов</b> Характеристики источников нейtronов. Радионуклидные источники. Источники нейtronов на ускорителях заряженных частиц. Источники нейtronов деления и синтеза ядер. Установки для изучения радиационной защиты на реакторах. Пространственно-энергетическое распределение нейtronов в средах. Водородосодержащие среды, углерод, железо. Смеси легких и тяжелых ядер. Угловое распределение рассеянного нейтронного излучения на границе среды. Метод длин релаксации. Сечение выведения для гетерогенных и гомогенных сред. Дозовый состав нейtronов в защитных средах. Коэффициенты накопления подпороговых нейtronов. Защита лабораторных источников нейtronов. Номограммы первого, второго, третьего и четвертого типа. Вторичное гамма-излучение в защите. Методы снижения выхода захватного гамма-излучения в средах.	Всего аудиторных часов 16 Онлайн		
<b>9-15</b>	<b>Защита от заряженных частиц. Альбедо излучений</b>	14	0	7
9 - 10	<b>Альбедо излучений</b> Основные понятия и определения. Альбедо фотонного излучения. Зависимость от углов падения и отражения, энергии фотонов, атомного номера и толщины отражателя. Формы представления характеристик альбедо. Альбедо нейtronов. Квазиальбедо типа нейtron-фотон. Скайшайн и квазискайшайн излучений.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн		
11 - 12	<b>Защита от альфа и бета излучений</b> Защита от внешних потоков альфа-частиц. Защита от внешних потоков электронов и тормозного излучения. Средства индивидуальной защиты.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн		
13 - 14	<b>Прохождение излучений через неоднородности в защите</b> Преобразования для расчетов полей излучений источников различных геометрических форм с различным угловым	Всего аудиторных часов 4 Онлайн		

	распределением излучения. Прямые и обратные преобразования в классе изотропных и мононаправленных источников.			
15	<b>Источники излучения на АЭС</b> Итоги и перспективы развития атомной энергетики. Излучение работающего и остановленного реактора. Активная зона реактора как источник излучения. Собственная активность теплоносителя. Активность продуктов коррозии и продуктов деления.	Всего аудиторных часов 2	1	Онлайн

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины проходит в основном по следующей схеме: лекции, семинарские занятия с решением задач, рассматриваемых на лекции, промежуточный контроль знаний (8-я неделя), итоговый экзамен.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения
-------------	---------------------

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 С22 Введение в теорию переноса и физику защиты от ионизирующих излучений : учебного пособия для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. 539.1 С23 Сборник задач по теории переноса, дозиметрии и защите от ионизирующих излучений : учебное пособие для вузов, А. А. Званцев [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. ЭИ С22 Введение в теорию переноса и физику защиты от ионизирующих излучений : учебного пособия для вузов, В. В. Болятко [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

4. ЭИ С23 Сборник задач по теории переноса, дозиметрии и защите от ионизирующих излучений : учебное пособие для вузов, ред. В. А. Климанов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.1 М38 Защита от ионизирующих излучений : справочник, В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева, Москва: Энергоатомиздат, 1995
2. 539.1 З-40 Защита от ионизирующих излучений Т.2 Защита от излучений ядерно-технических установок, Н. Г. Гусев [et al.], Москва: Энергоатомиздат, 1990

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

**LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

**Автор(ы):**

Званцев Андрей Алексеевич