

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 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.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
8	4	144	30	0	15		45	0	Э
Итого	4	144	30	0	15	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 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

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении общей физики, математики, теоретической физики и ядерной физики. Студент должен иметь навыки в решении дифференциальных уравнений, электромагнитных полях, уметь программировать, знать свойства элементарных частиц. Изучению данной дисциплины предшествует усвоение курсов по теории переноса ионизирующих излучений, дозиметрии ионизирующих излучений, защите от ионизирующих излучений, усвоение которых необходимо для успешного овладения данным курсом.

### 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-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>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, 40.008, 40.011</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>проектный</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>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</p>	<p>ПК-2.3 [1] - Способен к расчету и проектированию биологических защит и систем автоматизированного контроля радиационной безопасности АЭС</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>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</p>

обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		РАО; В-ПК-2.3[1] - Владеть методами проектирования биологических защит радиационно-опасных объектов АЭС
производственно-технологический			
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, 24.033	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.
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	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  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	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 также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами

	энергетических установок		
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, 24.033	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

#### 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)	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.
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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> <li>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</li> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с</li> </ul>

		<p>экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (В24)</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 формирования 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 глубокощелочной 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/ Практи. (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 нейтронов	1-8	16/0/8		25	КИ-8	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, З-ПК-

							2.3, У- ПК- 2.3, В- ПК- 2.3, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3-ПК- 11, У- ПК- 11, В- ПК- 11
2	Защита от заряженных частиц. Альbedo излучений	9-15	14/0/7		25	КИ-15	3-ПК- 2.2, У- ПК- 2.2, В- ПК- 2.2, 3-ПК- 2.3, У- ПК- 2.3, В- ПК- 2.3, 3-ПК-

							3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3-ПК- 11, У- ПК- 11, В- ПК- 11
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		30/0/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК- 2.2, У- ПК- 2.2, В- ПК- 2.2, 3-ПК- 2.3, У- ПК- 2.3, В- ПК- 2.3, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 9,

							У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – 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:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	30	0	15
<b>1-8</b>	<b>Защита от нейтронов</b>	16	0	8
1 - 8	<b>Защита от нейтронов</b> Характеристики источников нейтронов. Радионуклидные источники. Источники нейтронов на ускорителях заряженных частиц. Источники нейтронов деления и синтеза ядер. Установки для изучения радиационной защиты на реакторах. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов 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 нейтронов в защитных средах. Коэффициенты накопления подпороговых нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		16	0	8
		Онлайн		
		0	0	0

	Защита лабораторных источников нейтронов. Номограммы первого, второго, третьего и четвертого типа. Вторичное гамма-излучение в защите. Методы снижения выхода захватного гамма-излучения в средах.			
<b>9-15</b>	<b>Защита от заряженных частиц. Альbedo излучений</b>	14	0	7
9 - 10	<b>Альbedo излучений</b> Основные понятия и определения. Альbedo фотонного излучения. Зависимость от углов падения и отражения, энергии фотонов, атомного номера и толщины отражателя. Формы представления характеристик альbedo. Альbedo нейтронов. Квазиальbedo типа нейтрон-фотон. Скайшайн и квазискайшайн излучений.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
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	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Прохождение излучений через неоднородности в защите</b> Преобразования для расчетов полей излучений источников различных геометрических форм с различным угловым распределением излучения. Прямые и обратные преобразования в классе изотропных и мононаправленных источников.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
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	0	1
		Онлайн		
		0	0	0

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

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1 - 8	<b>Лабораторная работа</b> Экспериментальное измерение характеристик нейтронов

9 - 15	<b>Лабораторная работа</b> Разработка мер по обеспечению радиационной безопасности при работе с источником ионизирующих излучений
--------	--

## 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	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2.3	З-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15

## 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 и прочно 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	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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			
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.

## 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 3-40 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/>

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

На первом занятии каждому студенту выдается план семинарских занятий, представленный выше с указанием темы занятия, в соответствии с которым он должен подготовиться к ответу на вопросы по теме каждого занятия.

Для самостоятельной работы студентов на каждом семинарском занятии указываются разделы учебника, которые он должен освоить для последующего семинара.

Одновременно выдается список вопросов для промежуточного контроля знаний, на которые он должен подготовить соответствующие ответы.

Список вопросов к промежуточному контролю:

1. Радиационные характеристики нейтронов, получаемых по реакции ( $\square, n$ ).
2. Концепция квазиисточника для инженерных расчетов полей вторичного излучения.
3. Радиационные характеристики фотонейтронных источников.
4. Способы подавления вторичного излучения в защите.
5. Источники нейтронов в ядерном реакторе.
6. Дифференциальные и интегральные токовые характеристики альбедо.
7. Установки для изучения задач радиационной защиты на реакторах.
8. Понятие квазиальбедо.
9. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов в основных защитных материалах.

10. Зависимость альbedo фотонного излучения от угла падения, углов отражения.
11. Макроскопические эксперименты в проблеме переноса нейтронов.
12. Методика разложения характеристик поля излучения на компоненты в неоднородностях.
13. Метод длин релаксации для расчетов защиты от нейтронов.
14. Методы расчетов полей излучений в защитах с неоднородностями.
15. Концепция сечения выведения.
16. Защита от альфа-частиц.
17. Дозовый состав нейтронного излучения для различных сред.
18. Пробег электронов и бета-частиц в веществе.
19. Коэффициенты накопления подпороговых нейтронов.
20. Защита от тормозного излучения.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Раздел 1 включает вопросы, связанные с характеристиками полей излучений и источников радиации и включает следующие подразделы:

1.1 В первой теме “Защита от нейтронов” особое внимание уделяется разнообразию способов получения нейтронов: использование радионуклидов, ускорителей заряженных частиц, ядерных реакторов.

1.2 Второй важный момент связан с экспериментальными измерениями характеристик поля нейтронов. В отличие от гамма-излучения, в эксперименте часто исследователи измеряют ослабление отдельных энергетических групп нейтронов (плотность потока частиц, мощность дозы), оценивая затем суммарный вклад всех групп в интересующую характеристику поля излучения. Подобная процедура выполняется также при проведении инженерных методов расчета,- наилучшим образом развиты методы расчета ослабления быстрых нейтронов, а для других групп нейтронов развиты приближенные методы оценки их вклада в полную мощность дозы.

Раздел 2 посвящен понятию альbedo излучений

2.1 Рассматриваются различные прикладные вопросы радиационной защиты. В этой теме важным является то, что для однозначного задания альbedo в конкретной задаче всегда следует четко оговаривать, какая имеется в виду характеристика альbedo (дважды дифференциальная, дифференциальная, интегральная) какой регистрируется эффект и в каких величинах (токовые, потоковые) выражается альbedo. Кроме этого, в характеристиках поля отраженного излучения необходимо учитывать вклад вторичного гамма-излучения, сопровождающего захват и неупругое рассеяние нейтронов.

2.2 Защита от альфа и бета излучений.

Эта тема тесно связана с вопросами взаимодействия заряженных частиц с веществом, которые изучаются и в других дисциплинах, например, теоретической физике и ядерной физике. Спецификой этих вопросов в ИМРЗ является то, что, в отличие от нейтронов, для заряженных частиц радионуклидных источников основным видом потерь энергии при взаимодействии с веществом являются ионизационные потери (для бета-частиц при высокой энергии нужно учитывать также образование тормозного фотонного излучения). При этом, основной характеристикой всех заряженных частиц является их пробег в веществе, который

легко рассчитывается по различным эмпирическим формулам. Поэтому, защита от внешних потоков частиц, испускаемых радионуклидами, не представляет сложной проблемы. Радионуклиды как альфа-излучатели опасны прежде всего как источники внутреннего облучения.

### 2.3 Прохождение излучений через неоднородности в защите

Преобразования для расчетов полей излучений источников различных геометрических форм с различным угловым распределением излучения. Прямые и обратные преобразования в классе изотропных и мононаправленных источников.

### 2.4 Источники излучения на АЭС

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.

Материал для проведения промежуточного контроля знаний представлен в «Сборнике задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений».

Автор(ы):

Званцев Андрей Алексеевич