

**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**

**ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗАЩИТЫ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

<b>Семестр</b>	<b>Трудоемкость, кред.</b>	<b>Общий объем курса, час.</b>	<b>Лекции, час.</b>	<b>Практич. занятия, час.</b>	<b>Лаборат. работы, час.</b>	<b>В форме практической подготовки/В СРС, час.</b>	<b>КСР, час.</b>	<b>Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП</b>
8	2	72	24	12	0	36	0	3
Итого	2	72	24	12	0	16	36	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

Освоение дисциплины 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		
Исследования перспективных типов ядерных	Ядерные реакторы, энергетические установки,	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое	3-ПК-2[1] - знать методы математического

<p>энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов</p>	<p>теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p>	<p>моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;</p>
<p>Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>3-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией</p>

<p>применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов</p>	<p>области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p>		
<p>Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p>	<p>ПК-7.1 [1] - Способен к подготовке и анализу информационных исходных данных для проведения математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>3-ПК-7.1[1] - знать методы математического анализа для моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ; У-ПК-7.1[1] - уметь проводить математическое моделирование нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ; В-ПК-7.1[1] - владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований</p>
<p>проектный</p>			
<p>Проектирование перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль,</p>	<p>ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO</p>	<p>3-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ; У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;;</p>

<p>материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов</p>	<p>теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO</p>
--	--	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
<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 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. 3.Использование воспитательного потенциала учебных</p>

		<p>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, 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>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за обеспечение кибербезопасности объектов атомной отрасли (B25)</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»</p>

		<p>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, 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>
Профессиональное	Создание условий,	1. Использование воспитательного

<p>воспитание</p>	<p>обеспечивающих, формирование ответственной экологической позиции (B26)</p>	<p>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. 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, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции</p>
-------------------	---	--



		<p>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/ Практик. (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	12/6/0		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-

							ПК-4.1, 3-ПК-4.4, У-ПК-4.4, В-ПК-4.4, 3-ПК-4.5, У-ПК-4.5, В-ПК-4.5
2	Защита от заряженных частиц. Альbedo излучений	9-12	12/6/0		25	КИ-12	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-4.4, У-ПК-4.4, В-ПК-4.4,

							3-ПК-4.5, У-ПК-4.5, В-ПК-4.5
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		24/12/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	3	3-ПК-4.5, У-ПК-4.5, В-ПК-4.5, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-4.1, У-ПК-4.1, В-ПК-4.1, 3-ПК-4.4, У-ПК-4.4, В-ПК-4.4

\* – 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
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	24	12	0
<b>1-8</b>	<b>Защита от нейтронов</b>	12	6	0
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. Защита лабораторных источников нейтронов. Номограммы первого, второго, третьего и четвертого типа. Вторичное гамма-излучение в защите. Методы снижения выхода захватного гамма-излучения в средах.	Всего аудиторных часов		
		12	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-12</b>	<b>Защита от заряженных частиц. Альbedo излучений</b>	12	6	0
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		
		6	3	0
		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		
		6	3	0
		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

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины проходит в основном по следующей схеме: лекции, семинарские занятия в активной и интерактивной форме с применением информационно-коммуникационных технологий.

## 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-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-12
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-12
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-12

## 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»	В	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		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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»	Ф	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 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/>

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

Данная дисциплина является основополагающей для будущих специалистов в ядерной области. Освоение ее базируется на предварительном изучении общей физики, математики, теоретической физики и ядерной физики. Слушатель должен иметь навыки в решении дифференциальных уравнений, иметь представление об электромагнитных полях, кулоновском поле и поле ядерных сил, 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.

Учебная дисциплина включает пять разделов:

Защита от нейтронов.

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. Защита лабораторных источников нейтронов. Номограммы первого, второго, третьего и четвертого типа. Вторичное гамма-излучение в защите. Методы снижения выхода захватного гамма-излучения в средах.

Защита от альфа- и бета-излучения.

Защита от внешних потоков альфа-частиц. Защита от внешних потоков электронов и тормозного излучения. Средства индивидуальной защиты.

Альбедо излучений.

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.

Прохождение излучений через неоднородности в защите.

Классификация неоднородностей. Методика разложения плотности потока излучения на компоненты. Методы расчета защиты с неоднородностями.

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.

Приветствуется написание специальных программ для получения численных результатов. Такая предварительная программистская практика является особенно полезной, с точки зрения, будущей большой работы по написанию и запуску каждым студентом собственной компьютерной программы в рамках выполнения НИРС.

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

1) Данная дисциплина является основополагающей для будущих выпускников в ядерной области. Освоение ее базируется на предварительном изучении общей физики, математики, теоретической физики и ядерной физики. Слушатель должен иметь навыки в решении дифференциальных уравнений, электромагнитных полях, кулоновском поле и поле ядерных сил, 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. Учебная дисциплина включает пять разделов:

2) В первой теме "Защита от нейтронов" особое внимание уделяется разнообразию способов получения нейтронов: использование радионуклидов, ускорителей заряженных частиц, ядерных реакторов. 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.

3) Вторая тема посвящена "Защите от альфа- и бета-излучения". 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.

4) С третьей темы "Альbedo излучений" начинается та часть курса, где 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.

5) В четвертой теме "Прохождение излучений через неоднородности в защите" лектор главное внимание должен уделить методике разложения плотности потока излучения на компоненты. Эта методика характерна для инженерных методов расчета неоднородной защиты, базирующихся на макроскопических константах закономерностей распространения излучения в средах.

6) Пятую тему "Источники излучения на АЭС" рекомендуется начать с изложения основных итогов и перспектив развития атомной энергетики. Важными является сравнение излучения работающего и остановленного реактора, указания на причины изменения активности теплоносителя со временем работы реактора на мощности и после его остановки.

Автор(ы):

Ксенофонтов Александр Иванович, к.ф.-м.н., доцент