

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

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, экз./зач./КР/КП
7	2	72	16	16	0	40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе детально изучаются приближенные методы расчета дозовых характеристик полей нейтронов и гамма квантов. Рассматриваются численные методы расчета полей излучений в задачах с внешним источником. В курс включены вопросы комплексного подхода к решению задачи расчета биологической защиты ядерно-энергетических установок (ЯЭУ). Знания, полученные на лекциях, закрепляются в процессе обсуждения и решения задач на занятиях и получают развитие при дальнейшем обучении.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины теория переноса излучения является знакомство студентов с видами и способами расчёта радиационной защиты.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного прохождения дисциплины студентам необходимо обладать знаниями в области теории переноса нейтронов и излучения, методов решения дифференциальных уравнений.

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			
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и	ПК-1 [1] - Способен к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных	З-ПК-1[1] - Знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических

<p>физических и теплофизических процессов, протекающих в ядерных энергетических установках</p>	<p>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, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>	<p>технических системах на основе существующих методик</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032</p>	<p>системах на основе существующих методик; У-ПК-1[1] - Уметь разрабатывать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик; В-ПК-1[1] - Владеть методами прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик.</p>
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, протекающих в ядерных энергетических установках</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</p>	<p>ПК-7.1 [1] - Способен проводить физические эксперименты на основе апробированных методик, выполнять математическое моделирование нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-7.1[1] - Знать методы проведения физических экспериментов и математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ; У-ПК-7.1[1] - Уметь проводить физические эксперименты на основе апробированных методик и математическое моделирование нейтронно-физических и</p>

	<p>исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>		<p>теплофизических процессов в ЯЭУ; В-ПК-7.1[1] - Владеть методиками для определения параметров активной зоны реакторной установки и прикладными пакетами для математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ</p>
	<p>проектный</p>		
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, протекающих в ядерных энергетических установках</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, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать методы проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечен; У-ПК-6[1] - Уметь проектировать основное оборудование атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками</p>

	мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы.
--	---	--	--

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 (B17)	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 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.
Профессиональное	Создание условий,	Использование воспитательного

воспитание	обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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)	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 экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (B24)	1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной

		<p>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, 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</p>
--	--	---

		<p>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 (В25)</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 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</p>

	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	СК-8	У-ПК-7.1, В-ПК-7.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7.1
2	Часть 2	9-15	8/8/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7.1, У-ПК-7.1, В-ПК-7.1
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-6, У-ПК-6,

							В-ПК-6, 3-ПК-7.1, У-ПК-7.1, В-ПК-7.1
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	0
1 - 2	Введение. Введение. Понятие излучения. Реактор как источник излучений. Первичные и вторичные источники излучений. Задачи с источником на границе. Понятие радиационной защиты. Классификация защит. Построение задачи расчета защиты. Газокинетическое уравнение переноса в неразмножающей среде.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Дозовые характеристики. Дозовые характеристики. Понятие поглощенной и эквивалентной дозы. Коэффициенты качества излучения. Предельно допустимая доза облучения. Решение уравнения переноса для нерассеянной компоненты излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 7	Приближенные методы расчета поля нейтронов. Приближенные методы расчета поля нейтронов. Обзор и классификация методов расчета нейтронных и гамма-полей. Модель сечения выведения для быстрых нейтронов — основные предположения, границы применимости. Сечение выведения смесей и гетерогенных	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	сред. Модификация для неводородных сред.			
9-15	Часть 2	8	8	0
8 - 9	Приближенные методы расчета поля гамма-квантов. Приближенные методы расчета поля гамма-квантов. Основные процессы взаимодействия гамма-квантов с веществом. Метод многократных рассеяний. Модель факторов накопления гамма-квантов — основная формула, аналитические аппроксимации. Фактор накопления для многослойных систем.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Уравнение переноса в многогрупповом приближении. Уравнение переноса в многогрупповом приближении. Многогрупповое приближение. Технология получения групповых констант. Понятие спектра свертки. Стандартные спектры. Интеграл столкновений в многогрупповом приближении. Библиотеки групповых констант.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Методы аппроксимации угловой зависимости. Методы аппроксимации угловой зависимости. Методы моментов, сферических гармоник. Уравнение переноса в P1-приближении. Границы применимости диффузионного приближения в задачах расчета защит. Метод дискретных ординат, SN-метод. Понятие квадратуры. Квадратуры Гаусса.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Численные схемы при решении уравнения переноса. Численные схемы при решении уравнения переноса. Аппроксимации пространственной зависимости. Операторный вид уравнения переноса. Организация итерационного процесса. Проблемы сходимости численных схем.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Метод Монте-Карло. Метод Монте-Карло. Физическая постановка задачи, алгоритм метода Монте-Карло в задачах переноса излучений. Генератор случайных чисел. Получение локальных и интегральных характеристик поля нейтронов и гамма-квантов. Влияние неоднородностей в защите на поле излучения нейтронов и гамма-квантов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	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

Предусматривает использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

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-1	З-ПК-1	З, СК-8, КИ-15
	У-ПК-1	З, СК-8, КИ-15
	В-ПК-1	З, СК-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	З, СК-8, КИ-15
	У-ПК-6	З, СК-8, КИ-15
	В-ПК-6	З, СК-8, КИ-15
ПК-7.1	З-ПК-7.1	З, СК-8, КИ-15
	У-ПК-7.1	З, СК-8, КИ-15
	В-ПК-7.1	З, СК-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»	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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р 28 Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения : , Москва: ДМК Пресс, 2017
2. ЭИ Т35 Теория переноса излучений : , Москва: МИФИ, 2008
3. 539.1 К60 Файлы ядерных данных и их использование в нейтронно-физических расчетах : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 03 А59 Альфа и омега : Краткий справочник, , Таллинн: Принтэст, 1991
2. 539.1 3-40 Защита от ионизирующих излучений Т.1 Физические основы защиты от излучений, , Москва: Энергоатомиздат, 1989

3. 539.1 М38 Защита от ионизирующих излучений : справочник, В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева, Москва: Энергоатомиздат, 1995
4. 621.38 К33 Основы обеспечения качества микроэлектронной аппаратуры : , Кейджян Г.А., М.: Радио и связь, 1991
5. 539.1 З-40 Защита от ионизирующих излучений Т.2 Защита от излучений ядерно-технических установок, Н. Г. Гусев [et al.], Москва: Энергоатомиздат, 1990
6. 533 И88 Исследования на высотных аэростатах : Краткие сообщения по физике, Физический ин-т им.П.Н.Лебедева, М.: , 1989

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

Темы самостоятельных работ:

1. Расчет интенсивности источников нейтронов.
2. Расчет толщины защиты по нейтронам.
3. Расчет интенсивности источников гамма-квантов.
4. Расчет ослабления потока гамма-квантов в штатных слоях ЯЭУ.
5. Расчет факторов накопления в многозонной защите.
6. Расчет дозы нейтронов и гамма-излучения за защитой.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Необходимо дать студентам систематизированное представление о задачах переноса излучений и методах их решения. При рассмотрении задач расчета защит ЯЭУ связать результаты расчетов с нормами радиационной безопасности. При рассмотрении численных методов расчета переноса излучений сделать особый акцент на специфику решения задач с внешним источником при глубоком пропускании. Выделить особенности переноса нейтронов и гамма-квантов на основе информации файлов оцененных ядерных данных.

Надо подготовить будущих специалистов к самостоятельному принятию решений при разработке ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) различных типов и анализе новых реакторных концепций, при проведении комплексных системных исследований с учетом

обеспеченности топливом, безопасности, воздействия на окружающую среду и экономических показателей.

Автор(ы):

Терновых Михаил Юрьевич