

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

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА В НЕРАЗМНОЖАЮЩИХ СРЕДАХ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

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
8	2	72	15	15	0	42	0	3
Итого	2	72	15	15	0	42	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 ЯЭУ. Знания, полученные на лекциях, закрепляются в процессе обсуждения и решения задач на семинарских занятиях и получают развитие при выполнении курсовых проектов по безопасности ЯЭУ.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является ознакомление 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, 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			
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-1 [1] - способен создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего	З-ПК-1[1] - Знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей

		излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	среды, системы учета, контроля ядерных материалов ; У-ПК-1[1] - Уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области ; В-ПК-1[1] - Владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-2 [1] - способен к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	3-ПК-2[1] - Знать методы исследования и расчета процессов, происходящих в реакторных установках ; У-ПК-2[1] - Уметь рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в реакторных установках ; В-ПК-2[1] - Владеть навыками применения информационных технологий при разработке новых установок, материалов и приборов
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-3 [1] - способен использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного	3-ПК-3[1] - Знать основные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять основные законы в области

		комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса практической деятельности и исследовательской работе; В-ПК-3[1] - Владеть навыками анализа, синтеза и нахождения закономерностей при обработке экспериментальных данных
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-2.2 [1] - способен совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2.2[1] - Знать: современные методы для решения задач описания физических процессов в ядерных реакторах, методы моделирования нейтронно-физических процессов и методы теории возмущений, способы представления нейтронных эффективных сечений ; У-ПК-2.2[1] - Уметь: проводить анализ недостатков применения существующих методов и разрабатывать способы их нивелирования; В-ПК-2.2[1] - Владеть: навыками работы с современными языками программирования для автоматизации информационного процесса анализа данных

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
------------------	-------------------------	------------------------------------

ВОСПИТАНИЯ		
------------	--	--

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	Первый раздел	1-8			25	КИ-8	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
2	Второй раздел	9-15			25	КИ-15	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2

* – 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
3	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	15	15	0
1-8	Первый раздел	8	8	
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	
		Онлайн		
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	
		Онлайн		
5 - 8	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 сред. Модификация для неводородных сред.	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		
9-15	Второй раздел	7	7	
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		
		1	1	
		Онлайн		
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		
		1	1	
		Онлайн		
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.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		

	Метод дискретных ординат, SN-метод. Понятие квадратуры. Квадратуры Гаусса.			
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	
		Онлайн		
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		
		1	1	
		Онлайн		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозна чение	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

Предусматривается широкое 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-2.2	З-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.2	З, 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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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. ЭИ М29 The Physics of Nuclear Reactors : , Cham: Springer International Publishing, 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. 539.1 М38 Защита от ионизирующих излучений : справочник, Москва: АП "Столица", 2013
2. 03 А59 Альфа и омега : Краткий справочник, , Таллинн: Принтэст, 1991
3. 539.1 З-40 Защита от ионизирующих излучений Т.1 Физические основы защиты от излучений, , Москва: Энергоатомиздат, 1989
4. 539.1 М38 Защита от ионизирующих излучений : справочник, В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева, Москва: Энергоатомиздат, 1995
5. 621.38 К33 Основы обеспечения качества микроэлектронной аппаратуры : , Кейджян Г.А., М.: Радио и связь, 1991
6. 539.1 З-40 Защита от ионизирующих излучений Т.2 Защита от излучений ядерно-технических установок, Н. Г. Гусев [et al.], Москва: Энергоатомиздат, 1990
7. ЭИ З-40 Защита от ионизирующих излучений Т.1 Физические основы защиты от излучений, ред. : Н. Г. Гусев, М.: Энергоатомиздат, 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

В помощь лектору, а также преподавателям, ведущим практические занятия по курсу «Теория переноса излучений» и консультации при расчете защиты ЯЭУ в рамках курсового проекта рекомендуется использовать следующие учебные пособия, методические и справочные материалы.

В качестве основной литературы

1. Защита от ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1980. Т.1. Гусев Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.П. Физические основы защиты от излучений. (2-е издание).
2. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник (4-е издание). М.: Энергоатомиздат, 1982.
3. Панин М.П., Скотникова О.Г. Действие ионизирующей радиации на человека и окружающую среду. М.: МИФИ, 2001

В случае необходимости дополнительную информацию по вопросам, затрагиваемым в курсе «Теория переноса излучений», можно получить, используя следующие печатные материалы:

1. Белозеров В.И., Жук М.М., Кузина Ю.А., Терновых М.Ю. Физика и эксплуатационные режимы реактора ВВЭР-1000: Монография. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – 288 с.
2. Усынин Г.Б., Кусмарцев Е.В. Реакторы на быстрых нейтронах. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.
3. Колесов В.В., Терновых М.Ю., Тихомиров Г.В. Файлы ядерных данных и их использование в нейтронно-физических расчетах: Учебное пособие. / М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – 68 с.
4. У.Я.Маргулис. Атомная энергия и радиационная безопасность. М. Энергоатомиздат, 1988.
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ –99/2009). Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523 - 09
6. Данные для использования при защите от внешнего излучения. Защита пациента в ядерной медицине: Публикации 51, 52 МКРЗ: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1993.
7. Усынин Г.Б., Кусмарцев Е.В. Реакторы на быстрых нейтронах. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.
8. А.Уолтерс, А. Рейнольдс. Реакторы размножители на быстрых нейтронах. М.Энергоатомиздат.1986.
9. High Performance Light Water Reactor. Design and Analyses. / T. Schulenberg, J. Starflinger. KIT Scientific Publishing. 2012. 258 p.

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