

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

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПЕРЕНОСА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии
[2] 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, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	2	72	30	15	0		27	0	3 КР
Итого	2	72	30	15	0	15	27	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина посвящена рассмотрению характеристик полей излучения, физических процессов, сопровождающих взаимодействие ионизирующего излучения с веществом и их математическому представлению. В рамках дисциплины обсуждаются основные уравнения, описывающие распространение излучения в веществе и аналитические методы их решения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) являются: получение и закрепление теоретических знаний и практических навыков в применении аналитических методов теории переноса к решению конкретных задач по расчету характеристик поля излучения в различных средах.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении математики, теоретической физики, информатики и ядерной физики. Студент должен иметь навыки в решении дифференциальных и интегральных уравнений, иметь представление о преобразованиях Фурье, электромагнитных полях, кулоновском поле и поле ядерных сил, уметь программировать, знать свойства элементарных частиц.

Данная дисциплина необходима для усвоения следующих курсов: дозиметрия ионизирующих излучений, защита от ионизирующих излучений, инструментальные методы радиационной физики, дозиметрическое планирование лучевой терапии.

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
проектный			
Подготовка специалистов с фундаментальной	Ядерные реакторы, энергетические установки,	ПК-10.2 [2] - Способен к расчету и проектированию	З-ПК-10.2[2] - Знать основные законы распространения

физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и 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. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	биологических защит и систем контроля радиационной безопасности АЭС <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	ионизирующих излучений в однородных и неоднородных средах; У-ПК-10.2[2] - Уметь проектировать системы контроля радиационной безопасности на АЭС и безопасного обращения с ОЯТ и РАО; В-ПК-10.2[2] - Владеть методами проектирования биологических защит радиационно-опасных объектов АЭС
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл,	ПК-6 [2] - Способен к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических	З-ПК-6[2] - Знать методы проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом

физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	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. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	требований и обеспечения безопасной работы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	экологических требований и обеспечен; У-ПК-6[2] - Уметь проектировать основное оборудование атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы ; В-ПК-6[2] - Владеть навыками проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы.
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные	ПК-7 [2] - Способен к определению теплотехнических характеристик и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-7[2] - Знать теплотехнические характеристики и конструктивные особенности теплотехнических систем и оборудования; У-ПК-7[2] - Уметь определять теплотехнические характеристики и конструктивные особенности теплотехнических систем и оборудования; В-ПК-7[2] - Владеть

	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. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		методами определения теплотехнических характеристик и конструкционных особенностей теплотехнических систем и оборудования
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Характеристики полей и источников ионизирующих излучений	1-8	16/8/0		25	КИ-8	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-10.2, У-ПК-10.2, В-ПК-10.2
2	Методы расчета прохождения излучений через вещество	8-15	14/7/0		25	КИ-15	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-10.2, У-ПК-10.2, В-ПК-10.2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	3, КР	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-10.2, У-ПК-10.2, В-ПК-10.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-10.2, У-ПК-10.2, В-ПК-10.2

* – 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
З	Зачет
КР	Курсовая работа

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	15	0
1-8	Характеристики полей и источников ионизирующих излучений	16	8	0
1	Занятие 1 Лекция: Введение. Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения. Практические занятия: Определение характеристик поля.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Занятие 2 Лекция: Сечения взаимодействия. Дифференциальные и интегральные сечения. Практические занятия: Определение сечений взаимодействия.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Занятие 3 Лекция: Взаимодействие фотонов с веществом.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Занятие 4 Лекция: Взаимодействие нейтронов с веществом.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Занятие 5 Лекция: Взаимодействие заряженных частиц с веществом.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Занятие 6. Практические занятия. Практические занятия: Определение сечений фотонов и нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Занятие 7 Лекция: Интегрально-дифференциальная форма уравнения переноса излучений.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Занятие 8 Лекция: Интегральная форма уравнения переноса излучений для плотности потока частиц и плотности столкновений. Практические занятия: Преобразование уравнения переноса.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8-15	Методы расчета прохождения излучений через вещество	14	7	0
9	Занятие 9	Всего аудиторных часов		

	Лекция: Ядра интегрального уравнения. Ряд Неймана для характеристик поля излучения. Функция детектора. Практические занятия: Конструирование функций детектора.	2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Занятие 10 Лекция: Функция ценности. Сопряженное уравнение переноса для ценности в интегро-дифференциальной и интегральной формах. Ряд Неймана для сопряженных функций.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Занятие 11 Лекция: Элементарная теория диффузии	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Занятие 12 Лекция: Элементарная теория диффузии (продолжение). Практические занятия: Теория диффузии.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Занятие 13 Лекция: Теория замедления нейтронов. Практические занятия: Теория замедления.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Занятие 14 Лекция: Теория возраста. Практические занятия: Теория возраста.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Занятие 15 Лекция: Метод последовательных столкновений. Практические занятия: Метод последовательных столкновений.	Всего аудиторных часов		
		2	1	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 традиционной схеме. Лекции, практические занятия по решению задач, домашние задания. Дополнительно поощряется создание программ на языках высокого уровня для решения наиболее сложных задач. Для

большей наглядности некоторые расчетные методы разъясняются с помощью компьютерных симуляций.

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-10.2	З-ПК-10.2	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10.2	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10.2	З, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	З, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-7	З-ПК-7	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	З, КР, 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-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			
ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

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, Сахаров В.К., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. 539.1 К49 Дозиметрия ионизирующих излучений : учебное пособие, Крамер-Агеев Е.А., Смирнов В.В., Климанов В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
3. ЭИ П16 Моделирование переноса излучения : учебное пособие для вузов, Панин М.П., Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 К62 Введение в теорию прохождения частиц через вещество : , Кольчужкин А.М., Учайкин В.В., М.: Атомиздат, 1978
2. 539.1 П16 Моделирование переноса излучения : учебное пособие для вузов, Панин М.П., Москва: МИФИ, 2008

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

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении математики, теоретической физики, информатики и ядерной физики. Студент должен иметь навыки в решении дифференциальных и интегральных уравнений, иметь представление о преобразованиях Фурье, электромагнитных полях, кулоновском поле и поле ядерных сил, уметь программировать, знать свойства элементарных частиц.

Данная дисциплина необходима для усвоения последующих курсов "Радиационная безопасность человека и окружающей среды": Дозиметрия ионизирующих излучений, Защита от ионизирующих излучений, Инструментальные методы радиационной физики. В учебном плане дисциплины большое количество часов выделено на самостоятельную работу студентов. Это время следует посвятить активной работе над домашними задачами и изучению основной и дополнительной рекомендованной литературы. Материал курса содержит большое количество математических выкладок. Для лучшего освоения этих разделов можно рекомендовать студентам повторить отдельные разделы курсов высшей математики, дифференциальных уравнений и уравнений математической физики.

При изучении курса особое внимание следует обратить на вопросы взаимодействия разных видов излучений с веществом. Так как аналитические решения уравнения переноса становятся возможны только при введении дополнительных упрощающих предположений, в том числе и относительно особенностей взаимодействия излучений, весьма полезным является привязка этих упрощений к конкретным видам излучения, их энергетического диапазона и к конкретным средам распространения.

Некоторые из домашних задач требуют серьезного объема расчетов. В связи с этим 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 расчета характеристик поля.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении математики, теоретической физики, информатики и ядерной физики. Студент должен иметь навыки в решении дифференциальных и интегральных уравнений, иметь представление о преобразованиях Фурье, электромагнитных полях, кулоновском поле и поле ядерных сил, уметь программировать, знать свойства элементарных частиц.

2. Данная дисциплина необходима для усвоения следующих курсов: дозиметрия ионизирующих излучений, защита от ионизирующих излучений, инструментальные методы радиационной физики, дозиметрическое планирование лучевой терапии.

3. Учебная дисциплина включает семь разделов. В первой теме "Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения" преподаватель обращает внимание студентов на принципиально разное использование потоковых и токовых характеристик в приложениях. Второй важный момент связан с экспериментальными измерениями характеристик поля. В эксперименте часто исследователи думая, что они измеряют поток частиц, на самом деле измеряют токовые характеристики.

4. Вторая тема посвящена "Взаимодействию излучений с веществом". Вообще говоря, вопросы взаимодействия изучаются и в других дисциплинах, например, теоретической физике и ядерной физике. Спецификой обсуждения этих вопросов в ВТПИИ является то, что здесь в первую очередь интересна зависимость сечений взаимодействия от вида и энергии излучения и состава среды, где происходит распространение излучения, и связь параметров частицы после взаимодействия с параметрами частицы перед взаимодействием с составом среды.

5. В третьей теме выводятся "Различные формы уравнения переноса". Здесь важно проанализировать основные свойства уравнения переноса и ввести функцию Грина для его решения.

6. С четвертой темы "Теория диффузии" начинается та часть курса, где рассматриваются различные аналитические решения уравнения переноса. В теории диффузии в первую очередь следует отследить ход преобразования уравнения переноса в уравнение элементарной теории диффузии и на базе этого очертить область применимости элементарной теории диффузии. В заключение раздела целесообразно показать, как перенос тепловых нейтронов описывается в рамках элементарной теории диффузии.

7. В пятой теме "Теория замедления" лектор главное внимание должен уделить функциональной форме спектра замедляющихся нейтронов в зависимости от атомного номера среды замедления и наличию или отсутствию поглощения частиц.

8. Шестую тему "Теория возраста" рекомендуется начать с формулирования основных балансных уравнений теории диффузии и теории замедления. Далее на базе этих балансных уравнений выводится диффузионное уравнение с энергетической зависимостью и преобразуется в уравнение возраста. Рассматривается физический смысл понятия возраст и для примера решается уравнение возраста для плоского моноэнергетического источника в бесконечной однородной среде.

Автор(ы):

Панин Михаил Петрович, к.ф.-м.н., с.н.с.