

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

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ ПЕРЕНОСА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

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, экз./зач./КР/КП
9	4	144	16	32	16		44	0	Э
Итого	4	144	16	32	16	16	44	0	

АННОТАЦИЯ

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) являются получение и закрепление теоретических знаний и практических навыков в применении численных 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, уравнений математической физики, теории вероятности, численных методов, информатики и ядерной физики. Студент должен иметь навыки в решении дифференциальных и интегральных уравнений с помощью численных методов, знать свойства элементарных частиц, иметь представление о преобразованиях Фурье, уметь программировать.

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
научно-исследовательский			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для	ПК-2.2 [1] - Способен проводить физические эксперименты по определению характеристик полей	3-ПК-2.2[1] - Знать Методы и средства математической обработки результатов экспериментальных

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	выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	излучений, готовность к разработке дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры для радиационного контроля; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	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
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	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;	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование для анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	3-ПК-2[1] - знать методы математического анализа для моделирования процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС ; У-ПК-2[1] - уметь проводить математическое моделирование процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС,; В-ПК-2[1] - владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований
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	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;	ПК-3 [1] - Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	3-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

и радиационной безопасности			
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-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
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 (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 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	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов

	отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	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 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 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 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.
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Прак- т. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>9 Семестр</i>						
1	Вероятностные численные методы	1-9	9/18/9		28	КИ-9	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
2	Детерминистские численные методы	10- 13	4/8/4		12	КИ-13	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
3	Многогрупповое приближение	14- 16	3/6/3		10	КИ-16	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-10,

							У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		16/32/16		50		
	Контрольные мероприятия за 9 Семестр				50	Э	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 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>9 Семестр</i>	16	32	16
1-9	Вероятностные численные методы	9	18	9
1 - 9	ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ (МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО)	Всего аудиторных часов		
		9	18	9
	1-я неделя	Онлайн		
	Основы метода Монте-Карло Получение случайных чисел с заданным распределением. 2-я неделя Получение случайных чисел с заданным распределением (про-должение). Вероятностная интерпретация интегральных уравне-ний. 3-я неделя Практические занятия по случайным величинам. 4-я неделя Интегральное уравнение для плотности столкновений.	0	0	0

	Моделирование траекторий фотонов и нейтронов. 5-я неделя Моделирование траекторий фотонов и нейтронов (продолжение). Моделирование траекторий заряженных частиц. 6-я неделя Практические занятия по моделированию траекторий. 7-я неделя Основные оценки функционалов в методе Монте-Карло. Локальные оценки. 8-я неделя Использование математических ожиданий. Методы уменьшения дисперсии. Оценка статистических погрешностей. 9-я неделя Практические занятия по разным способам оценки функционалов и способам уменьшения дисперсии, в методе Монте-Карло.			
10-13	Детерминистские численные методы	4	8	4
10 - 13	Тема II. ДЕТЕРМИНИСТСКИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ. 10-я неделя Общая характеристика методов. Метод сферических гармоник. 11-я неделя Другие методы полиномиальных разложений. 12-я неделя Методы дискретных ординат. Итерационные схемы. Модельные схемы. 13-я неделя Практические занятия по численным детерминистским методам.	Всего аудиторных часов		
		4	8	4
		Онлайн		
		0	0	0
14-16	Многогрупповое приближение	3	6	3
14 - 16	Тема III. МНОГОГРУППОВОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ. 14-я неделя Многогрупповое приближение уравнения переноса. Групповые сечения. Сопряженное уравнение переноса. 15-я неделя Получение групповых сечений с помощью теории возмущений. Полуэмпирические методы расчета переноса нейтронов. 16-я неделя Практические занятия по групповым сечениям и полуэмпирическим методам.	Всего аудиторных часов		
		3	6	3
		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>9 Семестр</i>
1 - 3	Получение случайных чисел с заданным законом распределения Применение метода обратных функций, метода суперпозиции и метода исключения для розыгрыша случайных величин с произвольным законом распределения
4 - 5	Моделирование источника Задание исходных данных для моделирования источника пр расчетах методом Монте-Карло
6 - 8	Задание геометрии в УГМ Задание исходных данных для геометрии расчета методом Монте-Карло с помощью сенсированных поверхностей
9 - 12	Разработка алгоритма метода Монте-Карло для расчета переноса излучения Разработка алгоритма метода Монте-Карло для расчета переноса излучения (по индивидуальным заданиям)
13 - 15	Метод дискретных ординат Расчет методом ДО плотности потока нейтронов в плоской одномерной геометрии

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины проходит в основном по традиционной схеме. Лекции, практические занятия по решению задач, домашние задания, проверка выполнения домашних заданий. Дополнительно каждый студент получает большое индивидуальное задание на разработку программы для расчета методом Монте-Карло одной из задач теории переноса. Программа пишется на одном из алгоритмических языков высокого уровня, который выбирает сам студент.

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-9, КИ-13, КИ-16
	У-ПК-10	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16

	В-ПК-10	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	У-ПК-11	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	В-ПК-11	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	У-ПК-2	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	В-ПК-2	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	У-ПК-2.2	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	В-ПК-2.2	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-9, КИ-13, КИ-16

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. ЭИ 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. 539.1 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

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

1) Дисциплина «Численные методы теории переноса ионизирующих излучений» занимает особое место в подготовке студентов, специализирующихся в ядерной физике и технологиях. Она позволяет расчетным путем с помощью универсальных или собственных расчетных программ решать большинство задач переноса ионизирующих излучений, связанных с радиационной безопасностью, детектированием излучений, энерговыделением в технологических конструкциях ядерно-физических установок и т.п. Такой путь сегодня является наиболее быстрым и экономичным.

2) В результате освоения дисциплины «Численные методы теории переноса ионизирующих излучений» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- Основные уравнения теории переноса излучений
- Основные физические явления, сопровождающие распространение ионизирующего излучения в веществе и взаимодействие излучения с веществом.
- Сравнительные характеристики стохастических и детерминированных численных методов решения задач переноса излучений;
- Основы метода Монте-Карло в части моделирования случайных величин с заданным законом распределения и вычисления определенных интегралов
- Математическую основу и технику применения метода Монте-Карло к задачам переноса излучения;

уметь:

- ставить, готовить входные данные и проводить расчеты различных характеристик поля ионизирующих излучений в поглощающих и рассеивающих средах с помощью универсальных и специализированных компьютерных программ;
- проводить физический анализ и контролировать погрешность получаемых результатов;
- разрабатывать программы для расчета поля излучения с помощью метода Монте-Карло в простых геометриях;

владеть:

- способностью к корректной постановке практических задач теории переноса в области дозиметрии и спектрометрии ионизирующих излучений и защиты ядерно-технических установок;
- способностью к адекватному выбору метода и программы расчета для решения конкретных задач теории переноса;
- способностью к верификации результатов расчета, используя экспериментальные и литературные данные;

3) В курсе имеется большое количество математических выкладок и преобразований. Для того, чтобы разобраться в этих выкладках не формально, студенты должны много самостоятельно работать. Соответствующая литература имеется в библиотеке института.

4) Особое место в курсе занимает работа по практическому освоению техники розыгрыша случайных величин с заданным законом распределения, которая дает ключ к пониманию применения метода Монте –Карло к задачам теории переноса. Суть этой техники сводится к конструированию алгоритмов, нацеленных на использование компьютеров. Здесь студентам очень пригодятся навыки программирования на языках высокого уровня.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Цель освоения данной дисциплины состоит в получении и закреплении теоретических знаний и практических навыков применения численных методов теории переноса к решению конкретных задач по расчету распределений характеристик поля излучения в различных средах и за противорадиационной защитой ядерно-технических установок. Освоение дисциплины направлено на развитие навыков корректной постановки расчетных задач, рационального выбора универсальных программ, реализующих численные методы теории переноса,

проведении расчетов по этим программам и физического анализа результатов расчета. Курс нацелен на выработку способности студентов не только понимать существо используемых программ, но и при необходимости создать свою собственную программу на основе метода Монте-Карло.

2. Дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций. Она базируется на предшествующих дисциплинах ООП: «Численные методы», «Информатика», «Ядерная физика» и «Высшая математика».

3. Дисциплина состоит из четырех основных разделов.

3.1. Первый раздел состоит из введения в дисциплину, а также основных сведений по характеристикам полей излучения, физике взаимодействия излучения и количественным характеристикам взаимодействия (сечениям). Занятия по этому разделу занимают 3 недели. Задача преподавателя увязать понятия читаемой дисциплины со сведениями, которые студенты уже знают из курса ядерной физики, выявить и восполнить пробелы в знаниях разделов ядерной физики, описывающих взаимодействие излучения с веществом. Кроме того, на этом же этапе устанавливается система обозначений, которой необходимо придерживаться во всем курсе.

3.2. Во втором разделе дисциплины преподаватель в течение 2 недель излагает студентам систему уравнений, описывающих процесс распространения излучения в веществе и связанных с этими уравнениями соотношений между величинами. В данном разделе важно опереться на материал курсов высшей математики, который студентам знаком. При этом, однако, принципиально важно донести до студентов физический смысл получаемых уравнений и соотношений. Разъяснению сущности получаемых результатов следует уделить достаточное количество времени. На практических занятиях целесообразно выработать у них культуру обращения с этими уравнениями, преодолеть у них страх перед громоздкими выражениями.

3.3. В третьем разделе курса дается краткое сравнение детерминированных и стохастических численных методов теории переноса излучения. В этом же разделе дается общее понятие о методе Монте-Карло, включая сведения по генерации случайных чисел и моделированию случайных величин с заданным законом распределения. Важное место в данном разделе занимает техника вычисления определенных интегралов методом Монте-Карло, которая служит основой расчета функционалов полей излучения, а также оценивание среднего и дисперсии случайной величины по конечной выборке. Владение техникой розыгрыша случайных величин разными методами, а также вычисление интегралов следует в обязательном порядке закрепить практическими упражнениями.

3.4. Четвертый раздел дисциплины целиком должен быть посвящен рассмотрению вопросов применения метода Монте-Карло к задачам переноса излучения. Раздел занимает всю вторую половину семестра (8 недель). За это время должны быть изложены основные технологические приемы моделирования источника, определения точки столкновения и результатов этого столкновения. В этом же разделе рассматриваются основные и локальные оценки для вычисления различных функционалов. При этом важно объяснить, что один и тот же функционал может быть рассчитан разными оценками и пояснить их сравнительные достоинства и недостатки. В конце семестра преподаватель должен познакомить студентов с основами неаналогового моделирования. Лекции в данном разделе должны быть обязательно сопровождаться практическими занятиями, без которых эффективность усвоения материала значительно снижается. Практические занятия по методам задания геометрии следует проводить на компьютерах с использованием специального ПО, визуализирующего задание трехмерных объектов области переноса.

Автор(ы):

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