

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3

от 11.05.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.03.02 Физика

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, экс./зач./КР/КП
7	4	144	32	32	0	35	0	Э
Итого	4	144	32	32	0	0	35	0

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина занимает важное место в подготовке выпускников. Ее освоение базируется на предварительном изучении математики, математической физики, ядерной физики и информатики. Студент должен иметь навыки в интегральном и дифференциальном исчислении, теории вероятности и математической статистике, решении простейших дифференциальных и интегральных уравнений, представление о вариационном исчислении, специальных функциях и ортогональных полиномах. Для успешного освоения курса необходимы знания о физике взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, знание основ вычислительной техники и умение программировать. Она позволяет решать большинство задач, связанных с анализом полей и расчетом защиты от ионизирующих излучений при работе с медицинскими установками, расчетным путем с помощью экспрессных оценок, самостоятельно написанных расчетных программ или же универсальных программ, имеющихся у мирового сообщества ученых. Такой путь сегодня является наиболее быстрым и экономичным.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- приобретение знаний по характеристикам полей и источников ядерных излучений; изучение основных процессов передачи энергии ионизирующих излучений веществу, ознакомление с основными физическими процессами,
- сопровождающими формирование полей излучения в веществе, изучение основных величин и уравнений, описывающих поля излучения в веществе; ознакомление и освоение методов расчетов полей излучений в различных средах.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимо иметь знания в области дифференциального и интегрального исчисления, теории вероятности и математической статистики, вариационного исчисления, аналитической геометрии, ядерной физики. Студент должен уметь дифференцировать и интегрировать скалярные и векторные переменные, оперировать со специальными функциями и полиномами (дельта-функция Дирака, полиномы Лежандра), ориентироваться в основных видах взаимодействия ядерных излучений с веществом.

Данная дисциплина необходима для усвоения следующих курсов: дозиметрия ионизирующих излучений, защита от ионизирующих излучений, 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			
освоение методов, а также теорий и моделей, используемых в научных исследованиях	биологические объекты различной организации, источники ионизирующих излучений	ПК-1 [1] - Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - знать основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории физики, основные методы теоретического и экспериментального исследования, методы измерения различных физических величин ; У-ПК-1[1] - уметь разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов
участие в проведении физических исследований по заданной тематике,	биологические объекты различной организации,	ПК-2 [1] - Способен проводить научные исследования в избранной области	З-ПК-2[1] - знать основные современные методы и средства научного исследования,

<p>обработка полученных результатов на современном уровне</p>	<p>источники ионизирующих излучений</p>	<p>экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование); теоретические основы и базовые представления научного исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований, основные закономерности формирования результатов эксперимента ; У-ПК-2[1] - уметь самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области и решать их с помощью современной приборной базы и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта; уметь проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и(или) теоретических физических исследований, анализировать результат, полученный в ходе проведения эксперимента; оценивать изменения в выбранной области, связанные с новыми разработками, с помощью информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; В-ПК-2[1] - владеть</p>
---	---	--	---

			<p>необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования, навыками проведения теоретических, экспериментальных и практических исследований с использованием современных программных средств, инновационных и информационных технологий, навыками работы со стандартной измерительной аппаратурой и экспериментальными установками, навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований с применением современных компьютерных технологий</p>
--	--	--	--

#### 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 (В17)	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 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

		<p>специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- 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.</li> </ul>
--	--	--

## 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>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Часть 2	9-16	16/16/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-

							ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>	<b>Лек., час.</b>	<b>Пр./сем., час.</b>	<b>Лаб., час.</b>
	<i>7 Семестр</i>	32	32	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	16	16	0
1	Источники излучения. Классификация по типу частиц. Дифференциальные и интегральные потоковые и токовые характеристики поля излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Интегральные и дифференциальные сечения взаимодействия излучения с веществом. Физические основы дозиметрии. Диссипация энергии в веществе. Коэффициент поглощения и передачи энергии. Тормозная способность заряженных частиц. Пробеги заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Дозиметрические величины: керма, поглощенная, эквивалентная и эффективная дозы. Связь между радиометрическими и дозовыми характеристиками полей	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	излучения. Керма-постоянная радионуклида. Оценка доз при внешнем облучении. Основные дозовые пределы НРБ-99.	0	0	0
4	Распространение ионизирующей радиации в вакууме и веществе. Учет рассеянного излучения с помощью приближенных методов (фактор накопления, универсальные таблицы, слой половинного ослабления). Защита от излучения. Качественное описание полей излучения за защитой.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Отражение излучения от среды. Дифференциальное и интегральное альbedo излучения. Зависимость альbedo от энергии излучения, углов падения и отражения. Приближенное представления альbedo.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 7	Функция источника. Интегрально-дифференциальная и интегральная формы уравнения переноса. Оператор переноса. Функция Грина. Граничные условия. Плотность входящих и выходящих столкновений. Ядра интегрального уравнения переноса.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Функция детектора. Ценность, сопряженные функции. Сопряженное уравнение переноса. Сопряженный оператор. Ядра сопряженного уравнения. Разложение в ряд Неймана.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Часть 2</b>	16	16	0
9 - 10	Случайные величины и их характеристики. Датчики случайных чисел. Получение случайных величин с заданным законом распределения: метод обратных функций, метод суперпозиции, метод исключения.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло. Методы понижения дисперсии при вычислении интегралов. Общая схема расчета функционалов поля излучения методом Монте-Карло.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Моделирование функции источника. Моделирование транспортного ядра и ядра столкновений для нейтральных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Геометрическое построение траекторий в неоднородных средах. Универсальные геометрические модули.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Моделирование пробегов и взаимодействия с веществом электронов и позитронов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Основные оценки функционалов в методе Монте-Карло: оценки по столкновению и поглощению, оценка по пробегу, оценка по пересечению, локальная оценка потока.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Оценка дисперсии результата. Методы понижения дисперсии с помощью неаналогового моделирования. Метод статистических весов. Моделирование по ценности. Экспоненциальное преобразование. Рулетка и	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	расщепление.			
--	--------------	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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.

Используются следующие образовательные технологии:

1. Лекции с широким использованием иллюстративного материала в виде презентаций
2. Практические занятия с решением и обсуждением задач
3. Практические занятия со специальными программами в дисплейном классе

Кроме этого используется самостоятельное решение задач, общих для всей группы и самостоятельное решение индивидуальных контрольных заданий.

## **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:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	Э, КИ-8, 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 – <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.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 К49 Дозиметрия ионизирующих излучений : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
2. 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

3. 539.1 П16 Моделирование переноса излучения : учебное пособие для вузов, М. П. Панин, Москва: МИФИ, 2008

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 З-40 Защита от ионизирующих излучений Т.1 Физические основы защиты от излучений, , Москва: Энергоатомиздат, 1989
2. 539.1 К62 Введение в теорию прохождения частиц через вещество : , А.М. Кольчужкин, В.В. Учайкин, М.: Атомиздат, 1978
3. 519 С54 Численные методы Монте-Карло : , Соболев И.М., Москва: Наука, 1973

#### 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**

Дисциплина занимает важное место в подготовке выпускников.

Ее освоение базируется на предварительном изучении математики, математической физики, ядерной физики и информатики. Студент должен иметь навыки в интегральном и дифференциальном исчислении, теории вероятности и математической статистике, решении простейших дифференциальных и интегральных уравнений, представление о вариационном исчислении, специальных функциях и ортогональных полиномах. Для успешного освоения курса необходимы знания о физике взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, знание основ вычислительной техники и умение программировать.

Она позволяет решать большинство задач, связанных с анализом полей и расчетом защиты от ионизирующих излучений при работе с медицинскими установками, расчетным путем с помощью экспрессных оценок, самостоятельно написанных расчетных программ или же универсальных программ, имеющих у мирового сообщества ученых. Такой путь сегодня является наиболее быстрым и экономичным.

В курсе имеется большое количество математических выкладок и преобразований. Чтобы разобраться в этих выкладках не формально, студенты должны много самостоятельно работать. Для самостоятельной работы студентам даются задачи для домашнего решения. Соответствующая литература имеется в библиотеке института.

Особое место в курсе занимает работа по разработке каждым студентом собственного алгоритма программы для расчета методом Монте-Карло одной из задач теории переноса. Здесь студентам очень пригодятся навыки программирования на современных языках высокого уровня, ориентировка в литературных данных по прохождению излучений через вещество.

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

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении математики, математической физики, ядерной физики и информатики. Студент должен иметь навыки в интегральном и дифференциальном исчислении, теории вероятности и математической статистике, решении простейших дифференциальных и интегральных уравнений, представление о вариационном исчислении, специальных функциях и ортогональных полиномах. Для успешного освоения курса необходимы знания о физике взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, знание основ вычислительной техники и умение программировать.

Цель освоения данной дисциплины состоит в получении и закреплении теоретических знаний и практических навыков применения методов теории переноса к решению конкретных задач по расчету распределений характеристик поля излучения в различных средах, за противорадиационной защитой медицинских диагностических и терапевтических установок. Освоение дисциплины направлено на развитие навыков корректной постановки расчетных задач, рационального выбора метода теории переноса, проведении расчетов и физического анализа результатов расчета.

Дисциплина базируется на предшествующих дисциплинах и курсах: «Высшая математика», «Спецглавы высшей математики (интегральные уравнения)», «Численные методы», «Ядерная физика» и «Информатика». Ее освоение является необходимым для успешной сдачи государственного экзамена по специальности и непременным условием подготовки квалифицированного выпускника.

Дисциплина состоит из пяти основных разделов.

Первый раздел "Основные величины и единицы" базовое положение. Несмотря на небольшой объем, он вводит много новых понятий и поэтому сложен для быстрого усвоения студентами. Его необходимо подкрепить решением большого числа задач. К обсуждению различий между основными величинами, напоминанию их размерности и физического смысла необходимо возвращаться неоднократно в течение всей первой половины курса.

Второй раздел касается изучение взаимодействия излучения с веществом. Он частично повторяет материал, изучаемый студентами в курсе ядерной физики. Практика показывает, что такое повторение оправданно, имея в виду, что данные сведения окажутся важными при обсуждении деталей моделирования взаимодействия излучения с веществом методом Монте-Карло. При изучении этого раздела необходимо добиться усвоения студентами базовых понятий сечений взаимодействия.

Третий раздел посвящен изучению инженерных методов расчета защиты от излучений, анализу полей за защитой, а также рассмотрению альбеда излучения.

Четвертый раздел более других насыщен математическими преобразованиями и посвящен основным уравнениям теории переноса излучения, а также доступным аналитическим методам их решения. Цель данного раздела –познакомить слушателей с математическим аппаратом расчетных методов решения практических задач переноса излучения.

Пятый раздел посвящен систематическому изложению основ метода Монте-Карло применительно к решению задач переноса излучения. Цель преподавателя сформировать у студентов общее понятие о моделировании переноса излучения именно как о математическом методе, а не просто наборе техник имитации распространения излучения в веществе. При изложении метода обращение к физической аналогии является безусловно полезным методическим приемом, облегчающим на первом этапе освоение моделирования методом Монте-Карло. Однако каждый метод моделирования должен быть не только нагляден, но и математически обоснован. Такая необходимость особенно очевидна при изучении неаналоговых методов моделирования, когда физическая наглядность утрачивается, а также при изучении методов решения задач радиационной физики на основе сопряженного уравнения переноса излучения, где физическая аналогия отсутствует вовсе.

При изучении пятого раздела интенсивные практические занятия имеют очень большое значение. Студенты должны получить устойчивые навыки конструирования алгоритмов розыгрыша различных случайных величин, комбинируя три основных метода (обратных функций, суперпозиции и исключения). Они должны практически освоить построение основных техник, сопровождающих моделирование источника, столкновения и свободного пробега частиц. Очень важным является поиск ответов и демонстрация, почему моделирование строится именно так, и какие еще варианты возможны с точки зрения математики. Методически весьма важным представляется проведение аналогии между вычислением методом Монте-Карло обычного одномерного интеграла и решением задачи расчета характеристик поля излучения. Этой аналогии, построенной на анализе смысла функции детектора следует уделить специальное время, которое окупится при объяснении студентам методологии построения оценок в методе Монте-Карло.

Для успешной подготовки к экзамену исключительно важным является выполнение студентами индивидуального (или в малых группах до 2-3 человек) большого домашнего задания, в котором они разрабатывают алгоритм решения методом Монте-Карло одной из задач теории переноса. Опыт показывает, что именно на этом этапе у студентов возникает множество вопросов. Поэтому преподаватель должен выделить достаточно времени для консультаций.

Автор(ы):

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