

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

радиофизический
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины
Компьютерное моделирование методом Монте-Карло**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
**02.04.02 – Фундаментальная информатика и информационные
системы**

Направленность образовательной программы
Автоматизация научных исследований

Квалификация (степень)
магистр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023 год

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Компьютерное моделирование методом Монте-Карло» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы по направлению **02.04.02 –Фундаментальная информатика и информационные системы**, магистерская программа «Автоматизация научных исследований», является дисциплиной по выбору на 1 курсе (в 2 семестре) магистратуры.

Цель изучения дисциплины состоит в освоении студентами методологии и техно-логий компьютерного моделирования процессов в различных системах статистическим методом Монте-Карло (ММК).

Задачи курса:

- изучение типовых математических схем моделирования ММК;
- рассмотрение вопросов формализации и алгоритмизации ММК;
- получение навыков программирования алгоритмов ММК на ЭВМ.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1: способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности	<i>З1 Знать основы моделирование методом Монте-Карло</i> <i>У1 Уметь решать численно задачи методом Монте-Карло в области профессиональной деятельности</i>

3. Структура и содержание дисциплины «Компьютерное моделирование методом Монте-Карло»

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 1 час - мероприятия текущего контроля успеваемости), 1 час - мероприятия промежуточной аттестации, 75 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Моделирование случайных величин и функций	23	8			8	15
2. Оценка интегралов методом Монте-Карло	28	8			8	20
3. Случайные блуждания с экспоненциальным распределением по длинам свободного пробега.	28	8			8	20
4. Решение задач теории переноса излучения	28	8			8	20
В т.ч. текущий контроль	1	1			1	
Промежуточная аттестация – зачет						

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «**Компьютерное моделирование методом Монте-Карло**» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), лабораторные занятия в компьютерном модуле с использованием современных информационных технологий и самостоятельная работа студента.

Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с применением технологий интерактивного обучения (презентаций).

Занятия лабораторного типа осуществляются в форме практических занятий в компьютерном модуле с использованием современных информационных технологий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:

- лекции-беседы с использованием мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- практические занятия с компьютерным оборудованием;
- лекции с проблемным изложением учебного материала.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является зачет, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний по дисциплине. Для активизации

познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной подготовке отдельных фрагментов лекций. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Общая схема метода статистических испытаний - метода Монте-Карло.
 2. Методы получения псевдослучайных чисел.
 3. Генерация дискретной случайной величины.
 4. Генерация непрерывной случайной величины.
 5. Моделирование показательного распределения.
 6. Моделирование нормального распределения.
 7. Моделирование гауссовского случайного вектора
 8. Задача статистического оценивания неизвестных параметров распределения.
Точечные и интервальные оценки.
 9. Погрешность метода статистических испытаний.
 10. Вычисление определенного интеграла методом проб и ошибок.
 11. Вычисление определенного интеграла как среднего значения подынтегральной функции.
 12. Метод выборки по значимости.
 13. Экспоненциальное распределение по длинам и временам свободного пробега
 14. Моделирование диффузионного процесса
 15. Вычисление коэффициента диффузии броуновских частиц.
 16. Моделирование изотропного вектора на плоскости.
 17. Моделирование изотропного вектора в пространстве.
 18. Метод Монте-Карло и задачи переноса излучений. Оптические параметры среды (коэффициенты рассеяния и поглощения, индикатриса рассеяния).
 19. Уравнение переноса. Распределения вероятностей для элементов траекторий.
Плотность столкновений; поток фотонов.
 20. Описание моделирования процесса переноса методом Монте-Карло
 21. Методы максимального сечения и минимальных длин для моделирования длины пробега.
 22. Весовые методы. Модификации моделирования длины пробега.
- 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**
- 6.1.** Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-1: способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	неудовлетворительно	удовлетворительно
Знать современные численные методы решения задач линейной и нелинейной акустики, учитывающие распространения акустических волн в анизотропных средах и эффекты искажения фронта волны	Отсутствие знаний современных численных методов решения задач линейной и нелинейной акустики, учитывающие распространения акустических волн в анизотропных средах и эффекты искажения фронта волны	Достаточное знание современных численных методов решения задач линейной и нелинейной акустики, учитывающие распространения акустических волн в анизотропных средах и эффекты искажения фронта волны
Уметь решать численно задачи линейной и нелинейной акустики неоднородных сред с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	Отсутствие умения решать численно задачи линейной и нелинейной акустики неоднородных сред с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	Достаточное умение решать численно задачи линейной и нелинейной акустики неоднородных сред с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 % – 50 %	51% - 100 %

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала.

Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой, вопросы для промежуточного контроля указаны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Шкала оценивания «зачет - незачет»:

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ	
	не зачтено	зачтено
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
Мотивация (личностное отношение)	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Минимально допустимый и выше

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- контрольные задания.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- устное собеседование.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Теоретические вопросы (ПК-1)

1. Общая схема метода статистических испытаний - метода Монте-Карло.
2. Методы получения псевдослучайных чисел.
3. Генерация дискретной случайной величины.
4. Генерация непрерывной случайной величины.
5. Моделирование показательного распределения.
6. Моделирование нормального распределения.
7. Моделирование гауссовского случайного вектора
8. Задача статистического оценивания неизвестных параметров распределения.
Точечные и интервальные оценки.
9. Погрешность метода статистических испытаний.
10. Вычисление определенного интеграла методом проб и ошибок.
11. Вычисление определенного интеграла как среднего значения подынтегральной функции.
12. Метод выборки по значимости.
13. Экспоненциальное распределение по длинам и временам свободного пробега
14. Моделирование диффузионного процесса
15. Вычисление коэффициента диффузии броуновских частиц.
16. Моделирование изотропного вектора на плоскости.
17. Моделирование изотропного вектора в пространстве.
18. Метод Монте-Карло и задачи переноса излучений. Оптические параметры среды (коэффициенты рассеяния и поглощения, индикатриса рассеяния).
19. Уравнение переноса. Распределения вероятностей для элементов траекторий. Плотность столкновений; поток фотонов.
20. Описание моделирования процесса переноса методом Монте-Карло
21. Методы максимального сечения и минимальных длин для моделирования длины пробега.
22. Весовые методы. Модификации моделирования длины пробега.

Типовые контрольные задания (ПК-1)

3-6. Сгенерировать набор значений непрерывной случайной величины с экспоненциальным распределением методом Неймана.

3-7. Сгенерировать набор значений непрерывной случайной величины с нормальным распределением методом обратной функции.

В-9. Погрешность метода статистических испытаний.

В-10. Вычисление определенного интеграла методом проб и ошибок.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике, ч. 2. М.: Мир, 1990.
2. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. М.: Наука, 1990.
3. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973.
4. Методы Монте-Карло в статистической физике. / Под ред. М. Калоса. М.: Мир, 1984.
5. Методы Монте-Карло в статистической физике. / Под ред. К. Биндера. М.: Мир, 1982.
6. Поршнев С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. – М.: Телеком, 2003, 592 с.

б) дополнительная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.1-5, М.: Наука, 1989.
2. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. М.: МГУ, 1989.
3. Шустер Г. Детерминированный хаос: введение. М.: Мир, 1988.
4. Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка. М.: Наука, 1982.
5. Крайнов А.В., Мигдал А.Б. Качественные методы в квантовой механике. М.: Наука, 1976.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Microsoft Visual Studio

<http://cyberleninka.ru>

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library>

www.parallel.ru

www-unix.mcs.anl.gov/mpi/tutorial

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором,
- лабораторный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **02.04.02 –Фундаментальная информатика и информационные системы**, магистерская программа «Автоматизация научных исследований».

Автор Жуков С.Н.

Рецензент Демин И.Ю.

Заведующий кафедрой Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии
Радиофизического факультета
от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.