

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(государственный университет)»



«УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
и экономическому развитию

Д.А. Зубцов

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**по дисциплине:** Метод Монте-Карло в науке и технике  
**по направлению:** Прикладные математика и физика (магистратура)  
**профиль подготовки:** Математические и информационные технологии  
Факультет управления и прикладной математики  
кафедра информатики и вычислительной математики  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1(Осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

практические и семинарские занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

**Программу составил:** А.М. Кольчужкин, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

**Программа обсуждена на заседании кафедры**

15 января 2016 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

И.Б. Петров

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

А.А. Шананин

## **1. Цели и задачи**

### **Цель дисциплины**

Освоение студентами знаний в области применения Метода Монте-Карло в задачах математики и математической физики. В том числе статистическое моделирование случайных процессов в физике, биологии, медицине, экономике, технике.

### **Задачи дисциплины**

- формирование навыков применения метода Монте-Карло в задачах математики и математической физики;
- обучение принципам создания алгоритмов и программ на основе статистического моделирования, знакомство с основными методами статистического моделирования случайных процессов в различных областях науки и техники;
- проведение консультаций и оказание помощи студентам в проведении собственных исследований методами статистического моделирования.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Метод Монте-Карло в науке и технике» относится к вариативной части ООП

Дисциплина «Метод Монте-Карло в науке и технике» базируется на дисциплинах:

Дискретная математика;  
Информатика.

Дисциплина «Метод Монте-Карло в науке и технике» предшествует изучению дисциплин:

Основы высшей алгебры и теории кодирования.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

способность к участию в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса (ПК-8);

способность применять методы планирования и проведения исследований и экспериментов при выполнении проектов и заданий в избранной предметной области (ПК-9);

владение приемами и методами работы с персоналом, методами оценки качества и результативности труда, способностью оценивать затраты и результаты деятельности научно-производственного коллектива (ПК-10).

### **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны**

**знать:**

основы одного или нескольких алгоритмических языков,  
 приемы разработки программ статистического моделирования;  
 общие понятия о структурах данных: стеки, очереди, списки, деревья, таблицы;  
 принципы программирования структур данных для своевременных программ, типовые решения, применяемые для создания программ;  
 основные принципы построения и использования баз данных;  
 основы работы с пакетами прикладных программ в области математики и физики.

**уметь:**

выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ статистического моделирования;  
 разрабатывать полные законченные программы на одном из языков высокого уровня;  
 использовать знания по информатике для приложений в инновационной, конструкторско-технологической и производственно-технологической сферах деятельности.

**владеть:**

одним или несколькими современными языками программирования и методами создания программ с использованием библиотек и современных средств их написания и отладки;  
 одним или несколькими современными языками программирования и средствами использования стандартных библиотек;  
 навыками программирования с использованием средств операционной системы для решения исследовательских задач;  
 основами работы с прикладными пакетами программ и принципами написания дополнительных модулей для этих пакетов.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Устойчивость, случайность, статистическая устойчивость, моделирование случайного явления.	2				3
2	Вычисление площадей и объемов методом Монте-Карло.	2				3
3	Моделирование случайных чисел с заданной плотностью распределения	2				
4	Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло.	2				
5	Проектирование качество продукции методом Монте-Карло	2				
6	Поиск максимума (минимума) функции одной и нескольких переменных методом случайного поиска.	2				
7	Многокритериальная оптимизация и метод исследования пространства параметров	2				

8	Вероятностные характеристики задачи о прохождении частиц через вещество. и алгоритм моделирования многократного рассеяния частиц	2				
9	Вероятностные характеристики и моделирование радиоактивного распада,	2				
10	Оптимизация розничной торговли. Вычисление средней прибыли и вероятности разорения. Многокритериальная оптимизация розничной торговли	2				
11	Вероятностные характеристики и алгоритм моделирования процесса размножения – гибели.	2				
12	Вероятностные характеристики и алгоритм моделирования систем массового обслуживания	2				
13	Вероятностные характеристики и алгоритм решения задач теории надежности. Возможность многокритериальной оптимизации.	2				
14	Алгоритм моделирования случайного блуждания частицы в стратифицированной среде и расчета формы отраженного импульса	2				
15	Метод исследования пространства параметров и решение обратных задач зондирования многослойной среды.	2				
16	Метод исследования пространства параметров и решение обратных задач сейсморазведки					5
17	Решение уравнений математической физики с помощью случайных блужданий					4
Итого часов		30				15
Подготовка к экзамену		0 час.				
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.				

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Устойчивость, случайность, статистическая устойчивость, моделирование случайного явления.

Устойчивость, случайность, статистическая устойчивость, моделирование случайного явления. Моделирование процессов размножения по поколениям

2. Вычисление площадей и объемов методом Монте-Карло.

Вычисление площадей и объемов методом Монте-Карло. Геометрические вероятности.

3. Моделирование случайных чисел с заданной плотностью распределения

. Моделирование случайных чисел с заданной плотностью распределения. Метод функции распределения. Метод исключения. Моделирование криволинейных координат.

4. Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло.

Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло. Весовые методы уменьшения погрешности.

5. Проектирование качество продукции методом Монте-Карло

Проектирование качество продукции методом Монте-Карло. Вычисление статистических характеристик продукции по известным данным о комплектующих.

6. Поиск максимума (минимума) функции одной и нескольких переменных методом случайного поиска.

Поиск максимума (минимума) функции одной и нескольких переменных методом случайного поиска

7. Многокритериальная оптимизация и метод исследования пространства параметров

Многокритериальная оптимизация и метод исследования пространства параметров. Оптимизация соотношения «цена - качество».

8. Вероятностные характеристики задачи о прохождении частиц через вещество. и алгоритм моделирования многократного рассеяния частиц

Вероятностные характеристики задачи о прохождении частиц через вещество. и алгоритм моделирования многократного рассеяния частиц. Оценка потока частиц «по пересечениям» и «по столкновениям»

9. Вероятностные характеристики и моделирование радиоактивного распада,

Вероятностные характеристики и моделирование радиоактивного распада, Многоканальный и сложный радиоактивный распад.

10. Оптимизация розничной торговли. Вычисление средней прибыли и вероятности разорения. Многокритериальная оптимизация розничной торговли

Оптимизация розничной торговли. Вычисление средней прибыли и вероятности разорения. Многокритериальная оптимизация розничной торговли с оценкой «по столкновениям».

11. Вероятностные характеристики и алгоритм моделирования процесса размножения – гибели.

Вероятностные характеристики и алгоритм моделирования процесса размножения – гибели. Методы оценки вероятностей на случайных траекториях эволюции.

12. Вероятностные характеристики и алгоритм моделирования систем массового обслуживания

Вероятностные характеристики и алгоритм моделирования систем массового обслуживания с отказами и с ожиданием.

13. Вероятностные характеристики и алгоритм решения задач теории надежности. Возможность многокритериальной оптимизации.

Вероятностные характеристики и алгоритм решения задач теории надежности. Возможность многокритериальной оптимизации.

14. Алгоритм моделирования случайного блуждания частицы в стратифицированной среде и расчета формы отраженного импульса

Алгоритм моделирования случайного блуждания частицы в стратифицированной среде и расчета формы отраженного импульса. Влияние неоднородности среды на форму импульса.

15. Метод исследования пространства параметров и решение обратных задач зондирования многослойной среды.

Метод исследования пространства параметров и решение обратных задач зондирования многослойной среды

16. Метод исследования пространства параметров и решение обратных задач сейсморазведки

Метод исследования пространства параметров и решение обратных задач сейсморазведки.

17. Решение уравнений математической физики с помощью случайных блужданий

Решение уравнений Лапласа, Пуассона и теплопроводности (диффузии) методом случайных блужданий.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

## **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Основная литература

1. Кольчужкин А.М., Богданов А.В. Метод Монте-Карло в теории переноса излучений. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.
2. И.М.Соболь. Численные методы Монте-Карло. – М.:»Наука»1973
3. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Дрофа, 2006.

Дополнительная литература

1. Натан А.А. Статистический модельный анализ простых коммерческих операций. – МЗ Пресс, 2005
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. – Тверь: изд. АИС, 2006.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

1. Х.Гулд, Я.Тобочник. Компьютерное моделирование в физике. – М: Мир.т.1, 2.,1990.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<http://www.mou.mipt.ru>

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

<http://www.mou.mipt.ru>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Студент, изучающий курс «Метод Монте-Карло в науке и технике» должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях
- подготовку к зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

### **ЗАДАНИЕ**

1. Проектирование качества и многокритериальная оптимизация промышленной продукции.
2. Моделирование радиоактивного распада.
3. Оптимизация розничной торговли
4. Моделирование процесса размножения – гибели.
5. Моделирование работы систем массового обслуживания.
6. Статистическое моделирование в теории надежности.
7. Прямые и обратные задачи сейсмозаведки.

**11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**

Приложение



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**по направлению:** Прикладные математика и физика (магистратура)  
**профиль подготовки:** Математические и информационные технологии  
Факультет управления и прикладной математики  
кафедра информатики и вычислительной математики  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1(Осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.М. Кольчужкин, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

## **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины**

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

способность к участию в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса (ПК-8);

способность применять методы планирования и проведения исследований и экспериментов при выполнении проектов и заданий в избранной предметной области (ПК-9);

владение приемами и методами работы с персоналом, методами оценки качества и результативности труда, способностью оценивать затраты и результаты деятельности научно-производственного коллектива (ПК-10).

## **2. Показатели оценивания компетенций**

В результате изучения дисциплины «Метод Монте-Карло в науке и технике» обучающийся должен:

### **знать:**

основы одного или нескольких алгоритмических языков,  
приемы разработки программ статистического моделирования;  
общие понятия о структурах данных: стеки, очереди, списки, деревья, таблицы;  
принципы программирования структур данных для своевременных программ, типовые решения, применяемые для создания программ;  
основные принципы построения и использования баз данных;  
основы работы с пакетами прикладных программ в области математики и физики.

### **уметь:**

выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ статистического моделирования;  
разрабатывать полные законченные программы на одном из языков высокого уровня;  
использовать знания по информатике для приложений в инновационной, конструкторско-технологической и производственно-технологической сферах деятельности.

### **владеть:**

одним или несколькими современными языками программирования и методами создания программ с использованием библиотек и современных средств их написания и отладки;  
одним или несколькими современными языками программирования и средствами использования стандартных библиотек;  
навыками программирования с использованием средств операционной системы для решения исследовательских задач;  
основами работы с прикладными пакетами программ и принципами написания дополнительных модулей для этих пакетов.

### 3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Метод Монте-Карло в науке и технике»

осуществляется в форме дифференцированного зачета. Зачет проводится в устной форме.

#### Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 9-ом семестре.

##### Вопросы 01

1. Устойчивость, случайность, статистическая устойчивость, моделирование случайного явления – определения.
2. Моделирование случайных чисел, равномерно распределенных на  $(0,1)$ .

##### Упражнения 01

1. Составить программу для моделирования подбрасывания игрального кубика до выпадения шестерки. Получить несколько случайных чисел.
2. Составить программы для моделирования случайных чисел, имеющих геометрическое и биномиальное распределение. Получить несколько случайных чисел.
3. Составить программу для моделирования подбрасывания двух кубиков и вычисления суммы очков. Получить несколько значений суммы.
4. Вероятность поражения цели из каждого ствола двухстволки равна  $0.8$ . Найти вероятность поражения при стрельбе дуплетом.

##### Вопросы 02

Идея моделирования процесса размножения (организмов, слухов, эпидемий, реакции деления в ядерном реакторе).

##### Упражнения 02

1. Найти среднее значение и вероятности различных значений суммы очков на двух игральных кубиках.
2. Провести моделирование игры в “орлянку” при нескольких  $Q_1, Q_2$  и оценить:
  - среднюю продолжительность игры до разорения одного из игроков,
  - вероятность разорения каждого игрока.
3. Промоделировать (распространение слухов) развитие популяции живых организмов, считая, что каждый из них за свою жизнь производит случайное количество потомков, которое описывается биномиальным распределением:
  - Построить несколько случайных кривых  $N(m)$  ( $N(m)$  - количество организмов в  $m - M$  поколении) при различных значениях параметров  $n, p$ .
  - Построить несколько кривых  $\bar{N}(m)$  ( $\bar{N}(m)$  - среднее количество организмов в  $m - M$  поколении) при различных значениях параметров  $n, p$ .
  - Вычислить вероятность вырождения при нескольких значениях параметров  $n, p$ .

##### Вопросы 03

1. Как вычисляются площади и объемы методом М-К?
2. Как вычисляются случайные числа методом функции распределения?
3. Как вычисляются случайные числа методом исключения? Обобщение метода исключения, метод суперпозиции.
4. Геометрический смысл определенного интеграла. Вычисление интегралов методом Монте-Карло.
5. Существенная выборка и выделение главной части – методы уменьшения погрешности при вычислении интегралов.

### Упражнения 03

1. Составить программу моделирования случайных точек, равномерно распределенных в круге радиуса  $R$ . Построить гистограмму распределения.
2. Составить программу для вычисления объема эллипсоида  $\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} + \frac{z^2}{C^2} = 1$ . Привести результаты вычислений при нескольких значениях  $N$ .
3. Составить программу для моделирования случайных чисел с плотностью  $w(x) = \frac{c}{x^{c+1}}, (1 < x < \infty)$  - (распределение Парето),  
 $w(x) = \frac{1}{\sqrt{8(1-x)}}, (-1 < x < 1)$  и  
 $w(x) = \frac{3}{4}(1 - x^2), (-1 < x < 1)$ .  
 Построить гистограммы распределений.
4. Составить программу и провести моделирование распределения случайных чисел  $y$ , если:
  - $y$  есть сумма двух случайных чисел  $x$ , распределенных с плотностью  $w(x)$ ,
  - $y$  есть меньшее из двух случайных чисел  $x$ , распределенных с плотностью  $w(x)$ ,
  - $y$  есть большее из двух случайных чисел  $x$ , распределенных с плотностью  $w(x)$ .
 В качестве  $w(x)$  использовать равномерное и экспоненциальное распределения.  
 Построить гистограммы распределений.
5. Составить программу для моделирования случайных чисел с плотностью  $w(x) = \frac{4}{\pi} \frac{1}{1+x^2}, (0 < x < 1)$  методом исключения. Построить гистограмму распределения.
6. Составить программу для моделирования случайных чисел с плотностью  $w(x) \sim \frac{1}{1+x^2} \frac{1}{\sqrt{x}}$  модифицированным методом исключения, используя множитель  $\frac{1}{1+x^2}$  в качестве кривой сравнения. Построить гистограмму распределения.
7. Составить программу для получения случайных чисел с плотностью вероятности  $w(x) = \int_1^\infty ck^c \exp(-kx) dk, (0 < x < \infty)$  методом суперпозиции, используя для вычисления «номера дороги» предэкспоненциальный множитель подынтегрального выражения. Построить гистограмму распределения.

8. Составить программу и вычислить интеграл  $I = \int_0^1 \sqrt{1-x^2} dx$ . Сравнить результаты с точным значением  $I$  при нескольких значениях  $N$ .
9. Составить программу и вычислить интеграл  $I = \int_0^1 dx_1 \int_0^1 dx_2 \dots \int_0^1 dx_{10} (x_1 + x_2 + \dots + x_{10})^2$  при нескольких значениях  $N$ .
10. Используя Закон всемирного тяготения записать формулу для силы гравитационного притяжения точечной частицы массой  $m$  и протяженного тела, имеющего форму куба со стороной  $2a$  и массой  $M$ . Ребра куба направлены по координатным осям, начало координат находится в центре куба, точечная частица находится на оси  $Ox$ . Вычислить интеграл для нескольких расстояний частицы от начала координат.
11. Вычислить интеграл  $I = \int_0^\infty e^{-ax} \sin(bx) dx$  методом Монте-Карло, используя первый множитель подынтегрального выражения для генерации случайных значений  $x$ . Сравнить результаты моделирования при различных  $N$  с точным значением  $I$ .
12. Вычислить интеграл  $I = \int_0^\infty e^{-x^2} dx$ , используя существенную выборку с  $\tilde{w}(x) = e^{-x}$ .
13. Вычислить интеграл  $I = \int_0^{\pi/2} \sin x dx$ , используя существенную выборку с  $\tilde{w}(x) \sim x$ . Сравнить результаты моделирования при различных  $N$  с точным значением  $I$ .

#### Вопросы 04

1. Как моделируются случайные точки, равномерно распределенные в круге, в полярных координатах?
2. Как моделируются случайные точки, равномерно распределенные в объеме шара, в сферических координатах?
3. Что такое момент инерции, и как его вычислить методом Монте-Карло?
4. Как моделируется нормальное распределение точек на плоскости?
5. Как проектируется качество продукции методом Монте-Карло (на примере колебательного контура)?

#### Упражнения 04

4. Составить программу для моделирования случайных точек равномерно распределенных на поверхности сферы радиуса  $R$  (использовать сферические координаты).
5. Вычислить момент инерции шара массой  $M$  и радиусом  $R$  со сферической полостью радиусом  $r < R$ , центр которой смещен относительно центра шара на величину  $d < R/2$ .
6. Вычислить момент инерции эллипсоида  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$ , ( $a > b > c$ ) относительно оси, проходящей через его центр.
7. Вычислить моменты инерции куба относительно оси, проходящей через его центр параллельно одной из координатных осей, и относительно одного из его ребер.

8. Показать, что увеличение качества комплектующих приводит к увеличению качества изделия (на примере колебательного контура).

### Вопросы 05

1. Поиск максимума (минимума) функции одной и нескольких переменных методом случайного поиска.
2. Многокритериальная оптимизация и метод исследования пространства параметров (на примере оптимизации колебательной системы).

### Упражнения 05

1. Найти максимальное и минимальное значения функции  $y = \cos x + \frac{1}{2} \cos 2x + \frac{1}{3} \cos 3x$ ,  $-\pi < x < \pi$ .
2. Составить программу поиска максимума (минимума) функции двух переменных.
3. Составить программу для оптимизации перевозки сыпучих грузов.
4. Составить программу для оптимизации колебательной системы.
5. Составить программу для оптимизации состава исполнителей работы ( $k$  типов устройств).
6. Составить программу для проектирования качества продукции.

### Вопросы 06

1. Перечислить вероятностные характеристики задачи о прохождении частиц через вещество.
2. Случайные элементы траектории частицы в веществе и их моделирование.
3. Дифференциальная плотность потока частиц и способы ее оценки.
4. Как моделируется кривая ослабления потока с оценкой по пересечениям и по столкновениям?
5. Описать алгоритм моделирования зависимости средней энергии частицы от глубины с оценкой по пересечениям и по столкновениям.

### Упражнения 06

1. Составить программу для вычисления среднего значения длины пробега частицы в веществе до поглощения.
2. Составить программу для расчета распределения частиц по длине пробега до поглощения.
3. Составить программу для расчета кривой ослабления потока частиц в поглотителе по столкновениям, если рассеяние изотропно. Поглощением частиц пренебречь.
4. Составить программу для расчета среднего значения и дисперсии энергии частиц за поглотителем. Поглощением частиц пренебречь. Путь частиц считать прямолинейным, потеря энергии при столкновении равномерно распределена в интервале  $(0, \eta E)$ .
5. Составить программу и исследовать зависимость коэффициентов отражения и прозрачности барьера от его толщины.

### Вопросы 07

6. Вероятностные характеристики радиоактивного распада, необходимые для моделирования процесса. Моделирование случайной кривой распада.
7. Моделирование средней кривой распада с оценкой «по пересечениям» и «по столкновениям».
8. Моделирование сложного радиоактивного распада.

### Упражнения 07

1. Составить программу для моделирования среднего времени (полу)распада  $N$  атомов. Исследовать зависимость  $T_{1/2}(N)$  и  $T(N)$ .
2. Составить программу для моделирования сложного радиоактивного распада. Провести расчеты при  $\mu_A > \mu_B$  и  $\mu_A < \mu_B$  с оценкой «по столкновениям».

### Вопросы 08

1. Привести примеры пуассоновского потока событий и описать процедуру его моделирования.
2. Описать устройство фотоэлектронного умножителя и схему его моделирования.

### Упражнения 08

1. Составить программу для моделирования пуассоновского распределения и вычисления его моментов: среднего и дисперсии.
2. Составить программу для моделирования работы фотоэлектронного умножителя с тремя диодами и найти вероятность того, что квант не будет зарегистрирован при различных значениях коэффициента вторичной электронной эмиссии.
3. Составить программу для моделирования работы фотоэлектронного умножителя с тремя диодами. Определить, при каком значении коэффициента вторичной электронной эмиссии можно отличить сигналы от одного и двух квантов.

### Вопросы 09

1. Постановка задачи об оптимизации розничной торговли.
2. Как моделируются случайные кривые продаж, вычисляется средняя прибыль и вероятность разорения?
3. Многокритериальная оптимизация розничной торговли – идея метода.

### Упражнения 09

3. Составить программу для качественного анализа розничной торговли: построение поверхности  $\bar{Q}(q_1, g)$ , поиск максимума.
4. Составить программу для моделирования случайных траекторий розничной торговли.
5. Составить программу для вычисления средней прибыли и вероятности разорения при фиксированных значениях  $g, q_1$ .
6. Исследовать поведение функции  $R(q_1)$  в окрестности точек разрыва.
7. Составить программу для многокритериальной оптимизации розничной торговли.

### Вопросы 10

1. Описать вероятностные характеристики и алгоритм моделирования процесса размножения – гибели.
2. Описать два способа оценки вероятностей  $P_n(t)$  и средней кривой эволюции на случайных траекториях процесса размножения – гибели.
3. Описать вероятностные характеристики и алгоритм моделирования систем массового обслуживания с отказами и ожиданием. Возможность многокритериальной оптимизации.
4. Описать вероятностные характеристики и алгоритм решения задач теории надежности для двух способов ее увеличения. Возможность многокритериальной оптимизации.

5. Описать вероятностные характеристики и алгоритм расчета надежности восстанавливаемых систем.

### Упражнения 10

1. Составить программу для моделирования средней кривой эволюции популяции организмов с оценкой «по столкновениям».
2. Составить программу для расчета средних кривых эволюции  $\bar{W}(t), \bar{R}(t)$  популяций зайцев (R) и волков (W), считая, что интенсивности процессов размножения и гибели зависят от численности популяций:  
для зайцев  $\mu_R = \mu_{0,R} + \alpha W$ ;  
для волков  $\nu_W = \nu_{0,W} + \beta R$ ,  
где  $\alpha, \beta$  - параметры, определяющие взаимное влияние популяций.
3. Составить программу для расчета коэффициента использования оборудования системы массового обслуживания с отказами.
4. Составить программу для расчета среднего числа занятых линий и длины очереди в системе массового обслуживания с ожиданием. Показать, что длина очереди растет с увеличением загрузки системы.
5. Составить программу для расчета среднего времени безотказной работы системы (на примере колебательного контура) без резервирования и с двукратным резервированием.
6. Составить программы вычисления вероятностей  $P_0$  и  $P_1$  для восстанавливаемого элемента с оценкой по столкновениям.

### Вопросы 11

1. Описать алгоритм моделирования случайного блуждания частицы в стратифицированной среде и расчета формы отраженного импульса.
2. Объяснить, как метод исследования пространства параметров может быть использован для решения обратных задач зондирования многослойной среды.
3. Объяснить, как метод исследования пространства параметров может быть использован для решения обратных задач сейсморазведки.

### Упражнения 11

Составить программу для расчета формы импульса, отраженного от многослойной среды

### Вопросы 12

1. Описать алгоритм решения неоднородного дифференциального уравнения с помощью случайных блужданий.
2. Описать алгоритм решения уравнения Пуассона с помощью случайных блужданий.
3. Описать алгоритм решения уравнения диффузии с помощью случайных блужданий.

### Упражнения 12

1. Составить программу моделирования случайного блуждания на отрезке  $(a, b)$  и вычисления вероятностей  $P(a; x), P(b; x)$ . Построить графики этих функций.
2. Составить программу моделирования случайного блуждания на отрезке  $(a, b)$  и решения неоднородного уравнения  $\frac{d^2 G}{dx^2} = g(x)$ . Построить график  $G(x)$ .
3. Составить программу моделирования случайного блуждания в трехмерном пространстве и решения уравнения Пуассона  $\nabla^2 \varphi(\vec{r}) = -4\pi\rho$  для потенциала электрического поля внутри равномерно заряженного шара. (На поверхности шара потенциал такой же, как от точечного заряда, находящегося в начале координат).
4. Составить программу моделирования случайного блуждания для решения уравнения диффузии.



5. Решая одномерное уравнение Лапласа найти распределение температур между двух плоскостей, находящихся на расстоянии  $a$  друг от друга. Температуры плоскостей равны  $T_1$  и  $T_2$ .

#### **4. Критерии оценивания**

Оценка «отлично (8-10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка «хорошо (5-7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «удовлетворительно (3-4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой и др.).