



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра радиофизики и радиоэлектроники**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.  
«17» апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины **ФТД.01. Методы обработки экспериментальных данных**

Направление подготовки **03.04.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Информационные процессы и системы**

Квалификация выпускника **Магистр**

Форма обучения **Очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8 от «08» апреля 2024 г.

И.О. зав. кафедрой ~~\_\_\_\_\_~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2024 г.

## Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	6
4.3 Содержание учебного материала .....	7
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	8
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов .....	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	9
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование .....	10
6.2. Программное обеспечение .....	10
6.3. Технические и электронные средства обучения.....	10
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	10
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	10

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика по своей сути является экспериментальной наукой, а основу научной и инженерной деятельности составляет получение, обработка и интерпретация экспериментальных данных. В некоторых случаях возможно непосредственное измерение изучаемой величины. Однако гораздо чаще измерения опосредованы или являются результатом нескольких процессов. Таковы, например, современные эксперименты в области физики элементарных частиц. В подобных случаях применение статистических методов обработки экспериментальных данных носит принципиальный характер. Мало просто получить и накопить результаты измерений, требуется еще, и выделить из них физически-значимую информацию.

Для решения этой задачи созданы мощные программные средства, владение которыми, безусловно, входит в понятие современного физика.

### Цели курса

- 1) изучение теоретических основ статистических методов обработки экспериментальных данных;
- 2) освоение современных программных инструментальных средств обработки.

### Задачи курса

- 1) формирование и развитие навыков программирования на языках C/C++/CINT(ROOT);
- 2) формирование умений и навыков использования программных инструментальных средств среды обработки физических данных ROOT/CERN;
- 3) формирование умений и навыков построения и вычисления статистик физически-значимых величин.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Методы обработки экспериментальных данных» входит в факультативную часть ОПОП. Изучение разделов курса предполагает использование полученных основных знаний, умений и компетенций на последующем уровне образования.

Для изучения дисциплины, необходимы знания и умения из читаемых дисциплин «Математический анализ» и «Численные методы математического анализа».

Для изучения дисциплины, необходимы знания и умения из читаемой дисциплины «Теория вероятности и математическая статистика».

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки **03.04.03 Радиоп физика:**

ПК-3: Способен применять данные информационных систем для радиоп физических исследований

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-3	ИДК <sub>ПК3.2</sub> Способен использовать методы обработки	<b>Знать:</b> теоретические основы статистических методов обработки экспериментальных

	экспериментальных данных, полученных из информационных систем для радиофизических исследований	данных; <b>Уметь:</b> формировать и вычислять статистические параметры экспериментальных данных; <b>Владеть:</b> современными программными инструментальными средствами, применяемыми для обработки экспериментальных данных.
--	--	---

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часов,  
Из них 18 часов – практическая подготовка

Форма промежуточной аттестации: зачет

#### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Тема 1. Вероятностный и статистический подходы к обработке экспериментальных данных.	3	6			4		2	Устный опрос
2.	Тема 2. Дискретные распределения.	3	6,1			4	0,1	2	Устный опрос
3.	Тема 3. Непрерывные распределения.	3	6,1	2		4	0,1	2	Устный опрос
4.	Тема 4. Моменты случайной величины.	3	4,1	2		2	0,1	2	Устный опрос
5.	Тема 5. Оценка параметров распределения.	3	4,1	2		2	0,1	2	Устный опрос

6.	Тема 6. Эффективность оценок.	3	6,1	2		4	0,1	2	Устный опрос
7.	Тема 7. Проверка гипотез.	3	7,1	2		4	0,1	3	Устный опрос
8.	Тема 8. Распределение Хи-квадрат.	3	7,1	2		4	0,1	3	Устный опрос
9.	Тема 9. Распределение Стьюдента.	3	7,1	2		4	0,1	3	Устный опрос
10.	Тема 10. Распределение Беренса-Фишера-Снедекора.	3	5,1	2		2	0,1	3	Устный опрос
11.	Тема 11. Дисперсионный анализ.	3	6,1	2		2	0,1	3	Устный опрос

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

За время курса слушатели получают по 2 индивидуальных задания в двух формах: как отдельный теоретический вопрос и как самостоятельная программная реализация. Отчет по теоретическому вопросу и результаты программной реализации оцениваются на практических занятиях.

### 4.3 Содержание учебного материала

#### ***Тема 1. Вероятностный и статистический подходы к обработке экспериментальных данных.***

Основная задача теории вероятностей. Основная задача математической статистики. Комбинаторный, частотный и современный подходы. Условная вероятность и независимость экспериментальных значений. Функции распределения и плотности вероятности. Вычисление математического ожидания, медианы, моды, дисперсии, асимметрии, эксцесса, информационной энтропии.

#### ***Тема 2. Дискретные распределения.***

Физические процессы, описываемые дискретными распределениями. Распределения Пуассона и биномиальное. Предельный переход, связь с нормальным распределением. Способы вычисления и основные алгоритмы. Сходимость вычислительного процесса. Вычисление гамма-функции. Приближение Стирлинга. Баланс между точностью и временем вычисления.

#### ***Тема 3. Непрерывные распределения.***

Нормальное, равномерное и линейное распределения. Распределение Коши (Брейта-Вигнера). Гамма-распределение. Линейный конгруэнтный метод. Варианты преобразования Бокса-Мюллера. Центральная предельная теорема. Схема алгоритма вычисления эмпирической функции распределения.

#### ***Тема 4. Моменты случайной величины.***

Начальный и центральный моменты  $N$ -го порядка. Вычисление параметров распределения через моменты. Производящие функции моментов. ПФМ суммы величин. Производящие функции вероятности. Свойства ПФМ и ПФВ. Семи-инварианты. Вычисление моментов через производные ПФМ и ПФВ. Характеристическая функция. Распределение для функции случайной величины. Правило переноса ошибок. Генерация случайной величины с заданной плотностью вероятности.

#### ***Тема 5. Оценка параметров распределения.***

Состоятельные и несмещенные оценки. Точечные и интервальные оценки. Поведение крайних значений и выборочного среднего. Закон повторного логарифма. Поведение эмпирической функции распределения. Распределение Колмогорова-Смирнова. Функция правдоподобия. Оценки методом наименьших квадратов и методом максимального правдоподобия. Отличия оценок МНК и ММП на больших и малых выборках.

#### ***Тема 6. Эффективность оценок.***

Количество информации по Фишеру. Сходимость и оптимальность оценки ММП. Скорость сходимости. Связь дисперсии оценки параметра с количеством информации в выборке. Максимальное количество информации в законе распределения произвольной функции выборки. Неравенство Крамера-Рао. Асимптотическая эффективность. Достаточные (исчерпывающие) статистики.

#### ***Тема 7. Проверка гипотез.***

Основная схема сравнения экспериментальных данных с теоретическим предсказанием. Эмпирические статистики и теоретические квантили, квартили, процентиля. Нулевая гипотеза. Ошибки первого и второго рода. Критерии согласия. Уровень значимости и мощность критерия. Односторонние и двусторонние критерии. Связь квантилей в обоих случаях. Доверительный интервал.

#### ***Тема 8. Распределение Хи-квадрат.***

Плотность, параметры, характеристики, интегральное распределение. Количество степеней свободы. Распределение статистики суммы двух величин. Связь с нормальным законом. Группирование экспериментальных данных. Критерий согласия Пирсона. Статистика проверки соответствия выборки известному теоретическому закону. Случай неизвестных параметров. Зависимость результата от способа группирования и количества интервалов.

### **Тема 9. Распределение Стьюдента.**

Плотность, параметры, характеристики. Количество степеней свободы. Предельный переход к нормальному закону. Статистика для 1-выборочного t-критерия. 2-выборочный t-критерий для независимых выборок. Случаи одинаковых и различных дисперсий. Оценка количества степеней свободы в случае разных дисперсий. Вариант зависимых выборок.

### **Тема 10. Распределение Беренса-Фишера-Снедекора.**

Функция плотности вероятности и распределение отношения сумм квадратов двух независимых величин. Поведение математического ожидания, дисперсии и моды распределения. Свойство предельного перехода. Соотношение для квантилей распределения. F-тест на равенство дисперсий.

### **Тема 11. Дисперсионный анализ.**

Поиск зависимостей в экспериментальных данных. Исследование влияния фактора на измеряемую величину. Уровни фактора. Остаточная и межгрупповая дисперсии. Случай нескольких факторов. Степени свободы в многофакторном анализе. Дисперсия взаимодействия.

#### **4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тема 1.	Вероятностный и статистический подходы к обработке экспериментальных данных.	4		Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
2.	Тема 2.	Дискретные распределения.	4		Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
3.	Тема 3.	Непрерывные распределения.	4	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
4.	Тема 4.	Моменты случайной величины.	2	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
5.	Тема 5.	Оценка параметров распределения.	2	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
6.	Тема 6.	Эффективность оценок.	4	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
7.	Тема 7.	Проверка гипотез.	4	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
8.	Тема 8.	Распределение Хи-квадрат.	4	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
9.	Тема 9.	Распределение	4	2	Задание на	ПК-3

		Стьюдента.			ПЗ в виде задач	
10.	Тема 10.	Распределение Беренса-Фишера-Снедекора.	2	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3
11.	Тема 11.	Дисперсионный анализ.	2	2	Задание на ПЗ в виде задач	ПК-3

#### **4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов**

За время курса слушатели получают по 2 индивидуальных задания в двух формах: как отдельный теоретический вопрос и как самостоятельная программная реализация. Отчет по теоретическому вопросу и результаты программной реализации оцениваются на практических занятиях.

#### **4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде опросов на практических занятиях.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)**

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

### **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **а) перечень литературы**

1. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] / Н. И. Сидняев. - ЭВК. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2011. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 20 доступов. - ISBN 978-5-9916-1379-8. - ISBN 978-5-9692-1211-4.

2. Гмурман, Владимир Ефимович. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Электронный ресурс] : учеб. пособие для бакалавров : учеб. пособие для студ. вузов / В. Е. Гмурман. - 11-е изд., перераб. и доп. - ЭВК. - М. : Юрайт, 2013. - (Бакалавр. Базовый курс). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9916-2220-2

#### **б) периодические издания**

#### **в) список авторских методических разработок**

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://library.isu.ru/> - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым НБ ИГУ:

- <https://isu.bibliotech.ru/> - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Издательство «Лань»;
- <http://rucont.ru> - ЭБС «Руконт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;

- <http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс»- интернет ресурсы в свободном доступе

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование

Компьютерный класс с ПО: Linux, gcc, ROOT-system, gnuplot, мультимедийный проектор.

### 6.2. Программное обеспечение

Linux, gcc, ROOT-system, gnup

### 6.3. Технические и электронные средства обучения

В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующие программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине.

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы (ОМ)

#### 8.1.1. Оценочные материалы для входного контроля

Оценочных средств для входного контроля нет.

#### 8.1.2 Оценочные материалы текущего контроля

Прием готовых заданий на практических занятиях.

#### 8.1.3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

##### **Примерный перечень вопросов к зачету:**

- 1) Основная задача теории вероятностей. Основная задача математической статистики. Комбинаторный, частотный и современный подходы.
- 2) Условная вероятность и независимость экспериментальных значений. Функции распределения и плотности вероятности.
- 3) Вычисление математического ожидания, медианы, моды, дисперсии, асимметрии, эксцесса, информационной энтропии.
- 4) Физические процессы, описываемые дискретными распределениями.
- 5) Распределения Пуассона и биномиальное. Предельный переход, связь с нормальным распределением. Способы вычисления и основные алгоритмы. Сходимость вычислительного процесса.
- 6) Вычисление гамма-функции. Приближение Стирлинга. Баланс между точностью и временем вычисления.

- 7) Нормальное, равномерное и линейное распределения.
- 8) Распределение Коши (Брейта-Вигнера).
- 9) Гамма-распределение.
- 10) Линейный конгруэнтный метод. Варианты преобразования Бокса-Мюллера.
- 11) Центральная предельная теорема.
- 12) Начальный и центральный моменты  $N$ -го порядка. Вычисление параметров распределения через моменты. Производящие функции моментов.
- 13) ПФМ суммы величин. Производящие функции вероятности. Свойства ПФМ и ПФВ. Семи-инварианты. Вычисление моментов через производные ПФМ и ПФВ.
- 14) Характеристическая функция. Распределение для функции случайной величины.
- 15) Правило переноса ошибок. Генерация случайной величины с заданной плотностью вероятности.
- 16) Состоятельные и несмещенные оценки. Точечные и интервальные оценки. Поведение крайних значений и выборочного среднего.
- 17) Закон повторного логарифма. Поведение эмпирической функции распределения.
- 18) Распределение Колмогорова-Смирнова. Функция правдоподобия.
- 19) Оценки методом наименьших квадратов и методом максимального правдоподобия. Отличия оценок МНК и ММП на больших и малых выборках.
- 20) Количество информации по Фишеру. Сходимость и оптимальность оценки ММП. Скорость сходимости.
- 21) Неравенство Крамера-Рао. Асимптотическая эффективность. Достаточные (исчерпывающие) статистики.
- 22) Основная схема сравнения экспериментальных данных с теоретическим предсказанием. Эмпирические статистики и теоретические квантили, квартили, процентиля.
- 23) Нулевая гипотеза. Ошибки первого и второго рода. Критерии согласия.
- 24) Плотность, параметры, характеристики, интегральное распределение. Количество степеней свободы. Распределение статистики суммы двух величин. Связь с нормальным законом.
- 25) Группирование экспериментальных данных. Критерий согласия Пирсона. Статистика проверки соответствия выборки известному теоретическому закону.
- 26) Распределение Стьюдента: плотность, параметры, характеристики. Количество степеней свободы. Предельный переход к нормальному закону.

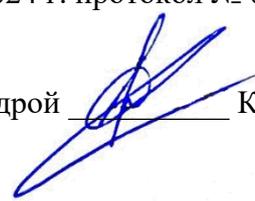
**Разработчики:**



доцент кафедры теоретической физики С.В. Ловцов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.04.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «08» апреля 2024 г. протокол № 8

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*