



**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.

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 №32 от «23» марта 2022 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 6 от «01» марта 2022 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2022 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 Радиофизика:**

ПК-3: Способен применять данные информационных систем для радиофизических исследований

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-3	ИДК _{ПК3.2} Способен использовать методы обработки	Знать: теоретические основы статистических методов обработки экспериментальных

	экспериментальных данных, полученных из информационных систем для радиофизических исследований	данных; Уметь: формировать и вычислять статистические параметры экспериментальных данных; Владеть: 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/н	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, контролирующих 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 «01» марта 2022 г. протокол № 6

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

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