

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЗФ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора ИСЗФ СО РАН

чл.– корр. РАН \_\_\_\_\_ А.В. Медведев

«15» марта 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.В.ДВ.1.2 Математические методы обработки экспериментальных  
данных**

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика солнечно-земных связей**

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

Тип профессиональной деятельности: **научно-исследовательский,  
педагогический**

Форма обучения: **очная**

Иркутск 2024

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	В. П. Грозов
---	--------------

## 1. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Математические методы обработки экспериментальных данных» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика, и является дисциплиной по выбору.

## 2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Основная цель курса – дать студентам представления о математических методах анализа и обработки экспериментальных данных.

Задачами дисциплины «Математические методы обработки экспериментальных данных» является формирование знаний о методах математической статистики, численных методах решения практических задач, навыков обработки экспериментальных данных с помощью ЭВМ.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Математические методы обработки экспериментальных данных» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки 03.04.02 Физика:

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;	ИД 1. Сбор и систематизация научно-исследовательской информации о рассматриваемом объекте или явлении с использованием информационных технологий в рамках задач предметной области	<b>Знать</b> математический анализ, элементы теории вероятностей принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных; <b>Уметь</b> математически формулировать условия физических задач
	ИД 2. Критическая оценка достоверности полученной научно-исследовательской информации о рассматриваемом объекте или явлении;	<b>Знать</b> ограничения и условия применимости различных групп методов обработки данных; <b>Уметь</b> выделять главное содержание исследуемого физического явления и выбирать средства анализа и обработки, наиболее эффективные для конкретных экспериментальных данных
	ИД 4. Применение на практике методов и алгоритмов разработки программного обеспечения для решения проблем в рамках научно-исследовательских задач в том числе задач обработки наблюдательных данных.	<b>Знать</b> принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных; <b>Владеть</b> навыками работы в программных средствах, предназначенных для анализа данных эксперимента; <b>Владеть</b> навыками самостоятельного проведения исследований
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые	ИД-1. Демонстрирует базовые знания теоретических и экспериментальных разделов	<b>Знать</b> терминологию математической статистики и теории обработки

знания теоретических и экспериментальных разделов физики	физики в области физики солнечно-земных связей	сигналов;
	ИД 2. Использует информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную, наблюдательную и приборную базы при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.	<b>Владеть</b> навыками поиска, отбора информации по теме «Математические методы обработки экспериментальных данных»;
	ИД 3. Использует современные теоретические и экспериментальные методы, включая методы обработки и анализа данных, при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей	<b>Знать</b> математические методы обработки экспериментальных данных <b>Владеть</b> навыками сбора и хранения экспериментальных данных для конкретного исследования;
	ИД 4. Формулирует результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.	<b>Уметь</b> правильно понимать и эффективно интерпретировать полученные результаты исследования.

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	<b>36/1</b>
В том числе:	
Лекции	18/0,5
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>72/2</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет)	
<b>Контактная работа</b> (всего)	<b>36/1</b>
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<b>108/3</b>

#### 5. Содержание учебной дисциплины.

##### 5.1. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	
1.	Основные модельные распределения	8	1		1	6
2.	Проверка гипотез	10	1		2	7
3.	Критерий отношения правдоподобия	12	2		2	8
4.	Непараметрические критерии	12	2		2	8
5.	Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов.	20	4		3	13
6.	Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование	24	4		4	16

	Фурье. Быстрое преобразование Фурье.					
7.	Анализ временных рядов	22	4		4	14
	<b>Итого (часы)</b>	<b>108</b>	<b>18</b>		<b>18</b>	<b>72</b>
	<b>Итого (з.е.)</b>	<b>3</b>	<b>0,5</b>		<b>0,5</b>	<b>2</b>

## 5.2. Содержание разделов дисциплины

### 1. Основные модельные распределения

Случайные величины. Дискретные и непрерывные распределения. Параметры распределений: среднее значение, дисперсия, моменты. Ковариационная матрица, коэффициент корреляции. Основные распределения и их параметры: нормальное, биномиальное, Пуассона, Стьюдента, Фишера, равномерное, нормальное,  $\chi^2$ . Центральная предельная теорема.

### 2. Проверка гипотез

Оценка параметров распределений по ограниченной выборке. Точечные и интервальные оценки. Параметрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия. Простые и сложные гипотезы. Свойства оценок: состоятельность, смещение, эффективность, робастность (устойчивость). Понятие информации Фишера и неравенство Рао-Крамера. Способы построения оценок, метод моментов. Способы построения несмещенной оценки, робастной оценки. Критерий согласия и способы его построения. Критерий  $\chi^2$ . Оценка качества аппроксимации в методе максимального правдоподобия. Другие критерии согласия: проверка последовательностей, критерий Колмогорова-Смирнова.

### 3. Критерий отношения правдоподобия

Метод максимального правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы. Отсев грубых измерений при малых выборках. Отсев грубых измерений при больших выборках. Оценка погрешностей и построение доверительных интервалов в методе максимального правдоподобия. Примеры использования метода максимального правдоподобия для аппроксимации гистограммы, определения времени жизни, оценки дисперсии.

### 4. Непараметрические критерии.

Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла.

### 5. Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов.

Дискретные случайные процессы и их основные характеристики. Стационарные и эргодические процессы. Спектр мощности случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина. Периодограмма случайного процесса. Дисперсия периодограммы. Дисперсия спектра мощности. Понятие о временном окне. Стратегия выбора временного окна. Обзор характеристик спектров для базовых временных окон. Функция когерентности и ее свойства. Взаимный амплитудный и фазовый спектр.

### 6. Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье.

ДВРФ и ДВПФ и их свойства. Разрешающая способность спектра. Энергетические характеристики ДВРФ и ДВПФ. Быстрое преобразование Фурье.

### 7. Анализ временных рядов.

Методы анализа временных рядов. Корреляционный анализ. Корреляционные функции различных сигналов. Методы анализа временных рядов. Корреляционный анализ: метод наименьших квадратов и его применение для обработки экспериментальных данных. Корреляционные функции различных сигналов. Фильтрация и сжатие одномерных и многомерных сигналов

## 5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Производственная практика (НИР)	Разделы 1-8

#### 5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	1	Лекция	1	Ответы на вопросы
2.	2	Лекция	1	Ответы на вопросы
3.	3	Лекция	2	Ответы на вопросы
4.	4	Лекция	2	Ответы на вопросы
5.	5	Лекция	4	Ответы на вопросы
6.	6	Лекция	4	Ответы на вопросы
7.	7	Лекция	4	Ответы на вопросы

#### 5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	1	Основные распределения и их параметры	1	Собеседование, решение задач
2.	2	Критерий согласия и способы его построения. Критерий $\chi^2$	2	Собеседование, решение задач
3.	3	Оценка погрешностей и построение доверительных интервалов в методе максимального правдоподобия.	2	Собеседование, решение задач
4.	4	Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона	2	Собеседование, решение задач
5.	5	Дискретные случайные процессы и их основные характеристики	3	Собеседование, решение задач
6.	6	Быстрое преобразование Фурье	4	Собеседование, решение задач
7.	7	Корреляционный анализ: метод наименьших квадратов и его применение для обработки экспериментальных данных	4	Собеседование, решение задач

#### 5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
1.	1	Самостоятельное решение задач	Задача на определение параметров распределения	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	6
2.	2	Самостоятельное решение задач	Задача на вычисление критерия $\chi^2$	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	7
3.	3	Самостоятельное	Задача на оценку погрешностей	Литература из учебно-	8

		решение задач	и построение доверительных интервалов в методе максимального правдоподобия	методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	
4.	4	Самостоятельное решение задач	Задача на проверку критерия Вилкоксона	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	8
5.	5	Самостоятельное решение задач	Задача на построение спектра мощности случайного процесса	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	13
6.	6	Самостоятельное решение задач	Задача на вычисление спектров функций с помощью быстрого преобразования Фурье	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	16
7.	7	Самостоятельное решение задач	Задача на проведение корреляционного анализа методом наименьших квадратов	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)	14

### 5.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

#### Варианты самостоятельных заданий:

1. В результате эксперимента получена выборка объема  $n=60$ :

0	4	3	4	7	3	3	2	0	6	1	2	3	2	2
4	5	3	5	1	0	2	4	3	2	2	3	3	1	3
3	3	1	1	2	3	1	4	3	1	7	4	3	6	2
3	2	3	3	1	4	3	1	4	2	3	4	2	4	5

Построить статистический ряд, полигон относительных частот и гистограмму.

2. Имеется выборка, содержащая 15 числовых значений некоторого признака случайной величины  $X$ .

#### Построить:

- 1) статистическое распределение выборки;
- 2) полигон частот;
- 3) эмпирическую функцию распределения;
- 4) интервальный ряд;
- 5) гистограмму частот;

**Вычислить:**

- 6) выборочную среднюю;
- 7) выборочную дисперсию;
- 8) выборочное средне-квадратическое отклонение;
- 9) моду;
- 10) медиану.

<b>X</b>	17	10	26	20	4	17	20	26	20	4	10	29	20	17	10
----------	----	----	----	----	---	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

3. Используя критерий Пирсона, при уровне значимости 0,05 проверить, согласуется ли гипотеза о нормальном распределении генеральной совокупности X с эмпирическим распределением выборки:

xi	12	14	16	18	20	22	24
ni	6	8	12	24	22	17	11

4. Найти зависимость коэффициент корреляции и оценить тесноту линейной связи, используя уравнение  $Y=b_0 + b_1x$ :

№ п/п	$x_i$	$y_i$
1	-134	-1329
2	-239	-2516
3	-184	-1613
4	-258	-2040
5	-422	-4618
6	-418	-4476
7	-394	-4196
8	-364	-3328
9	-130	-1516
10	-171	-1503

5. Используя критерий Колмогорова, проверить на уровне значимости 10% гипотезу о том, что выборка 0,90; 0,56; 0,05; 0,21; 0,97; 0,80; 0,04; 0,12; 0,73; 0,49 является выборкой наблюдений равномерно распределённой случайной величины  $X \sim R(0, 1)$ .

6. Определить с надёжностью  $\gamma = 0,9$  ( $\alpha = 0,1$ ) доверительный интервал для математического ожидания случайной величины с точечными оценками  $m_x = 55$  и  $S^2 = 658,6$ . Объем выборки  $n=6$

7. Найти методом наибольшего правдоподобия оценку параметра  $p$  биномиального распределения  $P_n(\mathbf{k}) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$ , если в  $n_1$  независимых испытаниях событие A появилось  $m_1$  раз и в  $n_2$  независимых испытаниях событие A появилось  $m_2$  раз.

8. Даны две выборки. Первая содержит  $m = 12$  элементов 17; 22; 3; 5; 15; 2; 0; 7; 13; 97; 66; 14. Вторая содержит  $n = 14$  элементов 47; 30; 2; 15; 1; 21; 25; 7; 44; 29; 33; 11; 6; 15. Провести проверку однородности функций распределения двух выборок с помощью критерия Вилкоксона.

9. Показать, что стационарный в широком смысле процесс имеет комплексносопряжённую четную автокорреляцию, т. е.  $r_{xx}(\tau) = r_{xx}^*(-\tau)$ .

10. Пусть  $x(t)$  и  $y(t)$  - действительные процессы. Доказать, что  $P_{xx}(z) = P_{xx}(1/z)$ ,  $P_{xy}(z) = P_{xy}^*(1/z^*)$ .

11. Найти прямое и обратное преобразование Фурье следующих функций:

$$f(x) = e^{-x^2/2} \cos(ax), a \in \mathbf{R}$$

$$f(x) = e^{-x^2/2} \sin(ax), a \in \mathbf{R}$$

$$f(x) = \begin{cases} x^2, & \text{если } |x| \leq 1 \\ 0, & \text{если } |x| > 1 \end{cases}$$

12. Были проранжированы 11 факторов, влияющих на ход технологического процесса двумя независимыми экспертами. В итоге были получены две последовательности рангов:

$x_i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$y_i$	1	2	3	5	4	9	8	11	6	7	10

Определить, согласуются ли мнения независимых экспертов, используя коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и Кендалла.

13. В результате эксперимента получена табличная зависимость  $y(x)$ . Подобрать аналитические зависимости  $f(x) = b_1 + b_2x + b_3x^2 + b_4x^4 + b_5x^5$ ,  $g(x) = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^4 + a_5x^5$  и  $\varphi(x) = \tilde{p}_1 + \tilde{p}_2x + \tilde{p}_3x^2 + \tilde{p}_4x^4 + \tilde{p}_5x^5$  методом наименьших квадратов. Пользуясь значением индекса корреляции выбрать наилучшую из них. Построить графики экспериментальных точек, подобранных зависимостей.

x	-2	-1,3	-0,6	0,1	0,8	1,5	2,2	2,9	3,6	4,3	5	5,7	6,4
y	-10	-5	0	0,7	0,8	2	3	5	8	30	60	100	238

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Измерение и анализ случайных процессов [Текст] : пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол. - М. : Мир, 1974. - 463 с. : ил. - Библиогр.: с.430-433 .	3
2.	Спектральный анализ случайных процессов [Текст] : научное издание / Ю.И. Грибанов, В.Л. Мальков. - М. : Энергия, 1974. - 239 с. : черт. - Библиогр.: с.231-237	2
3.	Теория вероятностей: [Учебник для аспирантов и справочник для научных работников] / М. Лоэв ; Пер. с англ. - М. : Изд. иностр. лит., 1962. - 719 с.	2

### 6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика / ред. Р. В. Гамкрелидзе. - М. : ВИНТИ, 1965 - 1983., Т.11 (1974) ; Т.12 (1975) ; Т.13 (1976) ; Т.14 (1977) ; Т.16 (1979) ; Т.19 (1982) ; Т.20, 21 (1983). - 130 с. - (Итоги науки и техники)	8

### 6.3. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>
- Лань: электронно-библиотечная система.- <http://e.lanbook.com/books>
- Exponenta.ru - <http://www.exponenta.ru/>
- Математическая библиотека - <http://mathedu.ru/>
- Библиотека по естественным наукам <http://jurs.benran.ru/JurCat/Main>
- Коллекция научной литературы <http://lib.istp/>

### 6.4. Информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>

#### **6.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:**

- Ионосферные данные ИСЗФ СО РАН <http://dep1.iszf.irk.ru/>

#### **6.6. Программное обеспечение**

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Операционная система Ubuntu 18.04 (свободно распространяемое ПО)
- Офисный пакет Libre Office (свободно распространяемое ПО)
- 7-Zip (свободно распространяемое ПО)
- Adobe Acrobat Reader DC (свободно распространяемое ПО)
- Mozilla Firefox 1 (свободно распространяемое ПО)
- VLC Mediaplayer (свободно распространяемое ПО)
- K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО)
- Дистрибутив Python Anaconda (свободно распространяемое ПО)
- Набор компиляторов GCC (свободно распространяемое ПО)
- Операционная система Microsoft Windows 10 Pro
- Система ВКС VideoMost Proton

#### **7. Образовательные технологии**

- Интерактивные лекции
- Решение задач
- Групповые дискуссии

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование магистрантами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- Решение задач
- Конспектирование

При необходимости, в процессе работы над заданием, магистрант может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

#### **8. Практическая подготовка**

Практическая подготовка обучающихся в рамках реализации данной учебной дисциплины осуществляется на практических занятиях.

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: <ul style="list-style-type: none"> <li>• доска магнитно-маркерная Branberg</li> <li>• экран для проектора Projecta</li> <li>• проектор BenQ MH733 1920 x 1080</li> <li>• ноутбук ASUS L1500CDA Windows 10 Pro</li> <li>• система акустическая Electro Voice EVID 6.2</li> </ul>
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций и самостоятельной работы	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 7 посадочных мест, оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде: <ul style="list-style-type: none"> <li>• персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q</li> <li>• мониторы PУAMA PL2283H, Dell CRHX9K2</li> <li>• доска магнитно-маркерная Branberg</li> <li>• экран для проектора Projecta</li> <li>• проектор BenQ MH733 1920 x 1080</li> </ul>
«Лаборатория развития новых методов радиофизической диагностики»	Лабораторное оборудование: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем Javad Delta-G3T с антенной Javad RingAnt-G3T,</li> <li>• приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем Novatel GPStation-6-B5S-B0P-F1</li> <li>• Ноутбук ASUS UX410U</li> <li>• Специализированная мебель на 14 посадочных мест</li> </ul>

## 10 Фонд оценочных средств

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:**

1. математический анализ, элементы теории вероятностей принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных;
2. ограничения и условия применимости различных групп методов обработки данных;
3. терминологию математической статистики и теории обработки сигналов;
4. принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных;
5. ограничения и условия применимости различных групп методов обработки данных;
6. математические методы обработки экспериментальных данных

**Уметь:**

1. выделять главное содержание исследуемого физического явления и выбирать средства анализа и обработки, наиболее эффективные для конкретных экспериментальных данных;
2. математически формулировать условия физических задач;

3. правильно понимать и эффективно интерпретировать полученные результаты исследования.
4. самостоятельно работать с математической литературой.

**Владеть:**

1. навыками поиска, отбора информации по теме «Математические методы обработки экспериментальных данных»;
2. навыками сбора и хранения экспериментальных данных для конкретного исследования;
3. навыками работы в программных средствах, предназначенных для анализа данных эксперимента;
4. навыками самостоятельного проведения исследований

**Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Код компетенции	Разделы дисциплины, направленные на формирование компетенции						
	1	2	3	4	5	6	7
ОПК-3	+	+	+	+	+	+	+
ПКА-2	+	+	+	+	+	+	+

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код компетенции	Показатели (индикаторы)	Формы оценивания		
		Текущий контроль		Промежуточная аттестация
		Устный опрос	Решение задач	Зачет/экзамен
ОПК-3, ПКА-2	<p>Знать: математический анализ, элементы теории вероятностей, принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных; ограничения и условия применимости различных групп методов обработки данных; терминологию математической статистики и теории обработки сигналов; принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных; ограничения и условия применимости различных групп методов обработки данных; математические методы обработки экспериментальных данных.</p> <p>Уметь: выделять главное содержание исследуемого физического явления и выбирать средства анализа и обработки, наиболее эффективные для конкретных экспериментальных данных; математически формулировать условия физических задач; правильно понимать и эффективно интерпретировать полученные результаты исследования.</p> <p>Владеть: навыками поиска, отбора информации по теме «Математические методы обработки экспериментальных данных»; навыками сбора и хранения экспериментальных данных для</p>	вопросы для устного группового опроса	задачи для решения на практических занятиях	зачет

	конкретного исследования; навыками работы в программных средствах, предназначенных для анализа данных эксперимента; навыками самостоятельного проведения исследований			
--	---	--	--	--

### Программа оценивания контролируемой компетенции

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1. Основные модельные распределения	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 1.	устный групповой опрос, решение задач	зачет
Раздел 2. Проверка гипотез	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 2.	устный групповой опрос, решение задач	зачет
Раздел 3. Критерий отношения правдоподобия	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 3.	устный групповой опрос, решение задач	зачет
Раздел 4. Непараметрические критерии	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 4.	устный групповой опрос, решение задач	зачет
Раздел 5. Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 5.	устный групповой опрос, решение задач	зачет
Раздел 6. Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 6.	устный групповой опрос, решение задач	зачет
Раздел 7. Анализ временных рядов	ОПК-3, ПКА-2	Отвечает на вопросы по изученному материалу	Владеет материалом раздела 7.	устный групповой опрос, решение задач	зачет

### Текущая и промежуточная аттестация

**Цель контроля** - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости магистранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос, письменные работы.

**Оценочные средства для оценки текущей успеваемости студентов  
Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине**

Раздел/Тема	Индекс и уровень формируемой компетенции или дескриптора	Оценочные средства	Содержание задания
Раздел 1. Основные модельные распределения	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	На практических занятиях составить и обсудить проблемные вопросы по изученному разделу, решить задачу. На лекционных занятиях обсудить материал лекций. Устно ответить на вопросы преподавателя.
Раздел 2. Проверка гипотез	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	
Раздел 3. Критерий отношения правдоподобия	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	
Раздел 4. Непараметрические критерии	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	
Раздел 5. Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	
Раздел 6. Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	
Раздел 7. Анализ временных рядов	ОПК-3, ПКА-2	Собеседование, решение задач	

**Задания для текущего контроля**

**Вопросы для собеседования**

**Раздел 1.**

1. Случайные величины. Дискретные и непрерывные распределения. Параметры распределений: среднее значение, дисперсия, моменты.
2. Основные распределения и их параметры
3. Центральная предельная теорема.

**Раздел 2.**

1. Параметрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия
2. Критерий согласия и способы его построения. Критерий  $\chi^2$ .
3. Критерий Колмогорова-Смирнова.

**Раздел 3.**

1. Метод максимального правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы.

**Раздел 4.**

1. Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона.
2. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена

**Раздел 5.**

1. Спектр мощности случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина.
2. Каковы основные статистические характеристики дискретных случайных сигналов?
3. Периодограмма случайного процесса. Дисперсия периодограммы.
4. Характеристики спектров для базовых временных окон.

**Раздел 6.**

1. Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье.

- Быстрое преобразование Фурье. Что понимается под БПФ и на каких свойствах основываются алгоритмы его вычисления? По какому числу точек вычисляются БПФ, что понимается под основанием и числом этапов прореживания БПФ?
- В чем особенности и возможности вычисления БПФ вещественных последовательностей?

### Раздел 7.

- Методы анализа временных рядов.
- Корреляционный анализ: метод наименьших квадратов и его применение для обработки экспериментальных данных.
- Фильтрация и сжатие одномерных и многомерных сигналов

### Задачи для практических занятий

- Пусть  $X$  и  $Y$  независимые случайные величины, заданные законами распределения:

$X_i$	-1	0	1	$Y_j$	0	1	2	3
$P_i$	1/4	1/2	1/4	$p_j$	1/4	1/4	1/4	1/4

Найти  $M(Z)$  и  $D(Z)$ , где  $Z = 2X - 3Y + 4$ .

- Случайная величина  $X$  задана функцией распределения:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{64} & \text{при } 0 < x \leq 8, \\ 1 & \text{при } x > 8. \end{cases}$$

Определить:

- вероятность попадания случайной величины в интервал (1; 4);
  - математическое ожидание случайной величины  $X$ .
- Вероятность выхода из строя каждого из трех блоков прибора в течение гарантийного срока равна 0,3. Найти закон распределения случайной величины  $X$  – числа блоков, вышедших из строя в течение гарантийного срока; вычислить  $M(X)$  и  $D(X)$ .
  - Произведена выборка 108 результатов измерений случайной величины  $X$ /
    - Построить интервальный вариационный ряд (ряд 1) по частотам, относительным частотам и накопленным частотам;
    - От ряда 1 перейти к точечному вариационному ряду (ряд 2):
    - Начертить полигоны частот и относительных частот, кумуляту (по ряду 2) и гистограммы частот и относительных частот (по ряду 1);
    - Записать аналитически и построить графически статистическую функцию распределения (по ряду 2);
    - Найти выборочные средние: среднюю арифметическую, среднюю геометрическую, среднюю гармоническую; выборочную дисперсию, выборочное среднеквадратическое отклонение, коэффициенты вариации и асимметрии (по ряду 2);
    - Определить моду и медиану графически и аналитически (по рядам 1 и 2);
    - На основе анализа гистограммы и статистической функции распределения оценить близость эмпирического распределения к нормальному закону, проверить гипотезу о том, что случайная величина  $X$  имеет нормальный закон распределения по критерию Пирсона ( $\chi^2$ );
    - При заданной надежности  $\gamma = 0,95$  построить доверительные интервалы для неизвестного математического ожидания  $a$ , неизвестной дисперсии  $D$  и среднего

квадратического отклонения  $\sigma$  случайной величины  $X$  в предположении, что выборка извлечена из генеральной совокупности, подчиненной нормальному закону.

1,55	1,79	1,64	1,72	1,76	1,82	1,90	1,56	1,60	1,62	1,84	1,68
1,75	1,78	1,80	1,68	1,78	1,92	1,59	1,75	1,77	1,80	1,78	1,65
1,66	1,56	1,77	1,74	1,66	1,71	1,67	1,70	1,54	1,69	1,82	1,64
1,81	1,73	1,54	1,63	1,75	1,68	1,56	1,88	1,84	1,77	1,60	1,72
1,63	1,69	1,66	1,75	1,69	1,54	1,56	1,79	1,52	1,66	1,70	1,81
1,69	1,72	1,68	1,56	1,58	1,65	1,73	1,55	1,64	1,56	1,55	1,57
1,56	1,80	1,74	1,81	1,64	1,67	1,62	1,60	1,55	1,72	1,66	1,80
1,64	1,68	1,70	1,62	1,59	1,73	1,70	1,65	1,63	1,65	1,58	1,71
1,71	1,59	1,67	1,58	1,71	1,66	1,59	1,62	1,73	1,69	1,68	1,52

5. Исследовать зависимость:

- Построить поле корреляции и сформулировать гипотезу о форме связи.
- Рассчитать параметры уравнения линейной регрессии.
- Оценить тесноту связи с помощью выборочных коэффициентов корреляции и детерминации.
  - Проверить значимость выборочного коэффициента корреляции и параметров линейной модели при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .
  - Дать с помощью среднего коэффициента эластичности сравнительную оценку силы связи факторного признака с результативным.
    - Оценить качество уравнения с помощью средней ошибки аппроксимации.
    - Оценить статистическую надежность результатов регрессионного моделирования с помощью F-критерия Фишера.
- Сделать выводы.

X	15	16	12	26	18	14	8	38	20	34	29	25
Y	3,2	4,6	3,8	3,0	3,7	3,1	2,5	2,9	4,4	5,2	4,8	4,3

6. Случайная величина  $X$  (число появлений события  $A$  в  $m$  независимых испытаниях) подчинена биномиальному закону распределения с неизвестным параметром  $p$ . Ниже приведено эмпирическое распределение числа появлений события  $A$  в 1000 испытаний (первой строке указано число  $x_i$  появлений события в одном опыте из  $m=10$  испытаний, во второй строке приведена частота  $n_i$  - число опытов, в которых наблюдалось  $x_i$  появлений события  $A$ ):

$x_i$	0	1	2	3	4	5	6	7
$n_i$	2	3	10	22	26	20	12	5

Найти методом наибольшего правдоподобия точечную оценку неизвестного параметра  $p$  биномиального распределения.

7. При уровне значимости 0,05 используя критерий Вилкоксона проверить нулевую гипотезу об однородности двух выборок объемов  $n_1 = 25$  и  $n_2 = 30$  при конкурирующей гипотезе  $H_1: F_1(x) > F_2(x)$ :

варианты первой выборки	12	14	15	18	21	25	26	27	30	31	32	35	38
	41	43	46	48	52	56	57	60	65	68	73	75	
варианты второй выборки	11	13	16	17	19	20	22	23	24	26	28	29	33
	34	36	37	39	40	42	44	45	47	49	51	53	55
	58	61	63	66									

8. Два преподавателя оценили знания 12 учащихся по стобалльной системе и выставили им следующие оценки (в первой строке указано количество баллов, выставленных первым преподавателем, а во второй - вторым):

1	98	94	88	80	76	70	63	61	60	58	56	51
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

2	99	91	93	74	78	65	64	66	52	53	48	62
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Найти выборочный коэффициент ранговой корреляции Спирмена между оценками двух преподавателей. При уровне значимости 0,05 проверить гипотезу о равенстве нулю генерального коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Другими словами, требуется проверить, является ли значимой ранговая корреляционная связь между оценками двух преподавателей.

9. Сигнал наблюдается в течении 10 сек., причем отсчеты сигнала снимаются через 10 мксек. Какова предельная частота сигнала  $F_{\max}$  может быть зафиксирована. Какое разрешение по частоте будет обеспечиваться в этом случае?

10. Написать формулы коэффициентов ряда Фурье для периодической функции с периодом  $2\pi$  : а) в общем виде; б) для четной функции; в) для нечетной функции.

11. Написать формулы коэффициентов ряда Фурье для функций с произвольным периодом.

12. Разложить в ряд Фурье периодическую функцию  $f(x) = x^3$  с периодом  $T = 2\pi$  на отрезке  $[-\pi; \pi]$ .

13. Построить граф БПФ для  $N = 9$  с прореживанием по времени.

14. Рассчитать спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов.

15. Определить спектральную функцию одиночного импульса, описываемого функцией:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_0 t), & / \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}, -\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{4} \\ 0, & t < -\frac{T}{4}, t > \frac{T}{4} \end{cases}$$

16. Найти математическое ожидание, дисперсию и ковариации случайного процесса  $x_t$ , если  $x_t$  – белый шум с единичной дисперсией. а)  $x_t = 0.1 + 0.9 x_{t-1} + e_t$ ; б)  $x_t = -0.2 x_{t-1} + e_t$ .

17. Определить автокорреляционную функцию одиночного импульса вида:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi t / T), & -T/4 \leq t \leq T/4 - \tau \\ 0, & |t| > T/4 \end{cases}$$

### Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде зачета в соответствии с графиком учебного процесса. Проверка наличия конспектов по дисциплине является допуском к зачёту. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий или невыполненных заданий), студент обрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

### Вопросы для зачета

1. Случайные величины. Дискретные и непрерывные распределения. Параметры распределений.
2. Ковариационная матрица, коэффициент корреляции.
3. Основные распределения и их параметры: нормальное, Пуассона, Стьюдента, Фишера, равномерное.
4. Центральная предельная теорема.
5. Параметрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия
6. Критерий согласия и способы его построения. Критерий  $\chi^2$ .
7. Проверка последовательностей, критерий Колмогорова-Смирнова.
8. Метод максимального правдоподобия. Отсев грубых измерений при малых выборках. Отсев грубых измерений при больших выборках.

9. Оценка погрешностей и построение доверительных интервалов в методе максимального правдоподобия.
10. Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона.
11. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла
12. Дискретные случайные процессы и их основные характеристики. Стационарные и эргодические процессы.
13. Спектр мощности случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина.
14. Периодограмма случайного процесса. Дисперсия периодограммы. Дисперсия спектра мощности.
15. Понятие о временном окне. Стратегия выбора временного окна. Характеристики спектров для базовых временных окон.
16. Дискретно - временной ряд Фурье(ДВРФ).
17. Дискретно-временное преобразование Фурье (ДВПФ).
18. Разрешающая способность спектра. Энергетические характеристики ДВРФ и ДВПФ.
  1. Быстрое преобразование Фурье. Что понимается под БПФ и на каких свойствах основываются алгоритмы его вычисления? По какому числу точек вычисляются БПФ, что понимается под основанием и числом этапов прореживания БПФ?
  20. В чем особенности и возможности вычисления БПФ вещественных последовательностей?
  21. Методы анализа временных рядов. Корреляционный анализ. Корреляционные функции различных сигналов.
  22. Корреляционный анализ: метод наименьших квадратов и его применение для обработки экспериментальных данных.
  23. Корреляционные функции различных сигналов
  24. Фильтрация и сжатие одномерных и многомерных сигналов

### Задачи для зачета

1. Пусть  $X$  и  $Y$  независимые случайные величины, заданные законами распределения:

$X_i$	-3	1	3	4	$Y_j$	-1	0	2	3
$P_i$	0.2	0.4	0.2	0.2	$p_j$	0.1	0.3	0.2	0.4

Найти  $M(Z)$  и  $D(Z)$ , где  $Z=5X-7Y.+6$

2. Случайная величина  $X$  задана функцией распределения:

$$F_1(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{5} + \frac{4x}{5} & \text{при } 0 < x \leq 1, \\ 1 & \text{при } x > 1. \end{cases} \quad F_2(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq -2, \\ \frac{(x+2)^2}{16} & \text{при } -2 < x \leq 2, \\ 1 & \text{при } x > 2. \end{cases}$$

Определить:

- а) функцию плотности распределения  $f(x)$ ;
  - б) вероятность попадания случайной величины в интервал:  $F_1(1/3; 2/3)$  и  $F_2(-1,1)$ ;
  - в) математическое ожидание и дисперсию случайной величины  $X$
3. Вероятность выхода из строя каждого из трех блоков прибора в течение гарантийного срока равна 0,4. Найти закон распределения случайной величины  $X$  – числа блоков, вышедших из строя в течение гарантийного срока; вычислить  $M(X)$  и  $D(X)$ .
4. Произведена выборка 108 результатов измерений случайной величины  $X$ :
- а) Построить интервальный вариационный ряд (ряд 1) по частотам, относительным частотам и накопленным частотам;
  - б) От ряда 1 перейти к точечному вариационному ряду (ряд 2):

- в) Начертить полигоны частот и относительных частот, кумуляту (по ряду 2) и гистограммы частот и относительных частот (по ряду 1);
- г) Записать аналитически и построить графически статистическую функцию распределения (по ряду 2);
- е) Найти выборочные средние: среднюю арифметическую, среднюю геометрическую, среднюю гармоническую; выборочную дисперсию, выборочное среднеквадратическое отклонение, коэффициенты вариации и асимметрии (по ряду 2);
- ж) Определить моду и медиану графически и аналитически (по рядам 1 и 2);
- з) На основе анализа гистограммы и статистической функции распределения оценить близость эмпирического распределения к нормальному закону, проверить гипотезу о том, что случайная величина  $X$  имеет нормальный закон распределения по критерию

Пирсона ( $\chi^2$ );

к). При заданной надежности  $\gamma = 0,999$  построить доверительные интервалы для неизвестного математического ожидания  $a$ , неизвестной дисперсии  $D$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma$  случайной величины  $X$  в предположении, что выборка извлечена из генеральной совокупности, подчиненной нормальному закону.

1,65	1,89	1,54	1,62	1,66	1,92	1,70	1,46	1,80	1,72	1,94	1,78
1,85	1,68	1,80	1,68	1,88	1,92	1,59	1,85	1,77	1,80	1,78	1,65
1,56	1,56	1,77	1,74	1,66	1,71	1,67	1,60	1,54	1,69	1,82	1,64
1,71	1,63	1,54	1,83	1,85	1,68	1,56	1,58	1,84	1,77	1,60	1,72
1,53	1,69	1,66	1,75	1,69	1,54	1,76	1,79	1,52	1,66	1,70	1,81
1,59	1,62	1,68	1,46	1,58	1,65	1,53	1,55	1,64	1,56	1,55	1,57
1,46	1,80	1,74	1,81	1,64	1,67	1,62	1,60	1,55	1,72	1,66	1,80
1,94	1,98	1,70	1,62	1,59	1,73	1,80	1,65	1,63	1,65	1,58	1,71
1,81	1,69	1,67	1,68	1,71	1,66	1,59	1,62	1,73	1,69	1,68	1,52

5. Исследовать зависимость критических частот, полученных на ЛЧМ-зонде ИСЗФ СО РАН ([http://dep1.iszf.irk.ru/CHIRP\\_ionograms](http://dep1.iszf.irk.ru/CHIRP_ionograms), выборка часовых данных, вертикальное зондирование):

- Построить поле корреляции и сформулировать гипотезу о форме связи.
- Рассчитать параметры уравнения линейной регрессии.
- Оценить тесноту связи с помощью выборочных коэффициентов корреляции и детерминации.
- Проверить значимость выборочного коэффициента корреляции и параметров линейной модели при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .
- Дать с помощью среднего коэффициента эластичности сравнительную оценку силы связи факторного признака с результативным.
- Оценить качество уравнения с помощью средней ошибки аппроксимации.
- Оценить статистическую надежность результатов регрессионного моделирования с помощью F-критерия Фишера.
- Сделать выводы.

X	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Y	4,2	3,6	3,9	4,0	2,7	4,1	2,7	3,9	5,4	6,2	3,8	5,3

6. Случайная величина  $X$  (число появлений события  $A$  в  $m$  независимых испытаниях) подчинена биномиальному закону распределения с неизвестным параметром  $p$ . Ниже приведено эмпирическое распределение числа появлений события  $A$  в 1000 испытаний (первой строке указано число  $x_i$  появлений события в одном опыте из  $m=10$  испытаний, во второй строке приведена частота  $n_i$  - число опытов, в которых наблюдалось  $x_i$  появлений события  $A$ ):

$x_i$	1	2	3	4	5	6	7
$n_i$	2	22	10	20	26	5	12

Найти методом наибольшего правдоподобия точечную оценку неизвестного параметра  $p$  биномиального распределения.

7. При уровне значимости 0,05 используя критерий Вилкоксона проверить нулевую гипотезу об однородности двух выборок объемов  $n_1 = 25$  и  $n_2 = 30$  при конкурирующей гипотезе  $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$ :

варианты первой выборки	11	14	18	19	17	25	26	30	31	33	34	35	38
	39	43	48	46	52	56	57	58	61	68	73	77	
варианты второй выборки	10	13	17	16	19	20	22	23	24	26	28	29	33
	29	37	36	39	40	42	44	45	47	49	51	53	55
	61	58	62	66									

8. Два преподавателя оценили знания 12 учащихся по стобалльной системе и выставили им следующие оценки (в первой строке указано количество баллов, выставленных первым преподавателем, а во второй - вторым):

1	97	91	78	86	76	71	63	61	60	58	56	51
2	95	94	91	71	78	62	64	66	52	53	48	62

Найти выборочный коэффициент ранговой корреляции Спирмена (Кендалла) между оценками двух преподавателей. При уровне значимости 0,05 проверить гипотезу о равенстве нулю генерального коэффициента ранговой корреляции Спирмена (Кендалла). Другими словами, требуется проверить, является ли значимой ранговая корреляционная связь между оценками двух преподавателей.

9. Сигнал наблюдается в течении 12 сек., причем отсчеты сигнала снимаются через 12 мксек. Какова предельная частота сигнала  $f_{max}$  может быть зафиксирована. Какое разрешение по частоте будет обеспечиваться в этом случае?

10. Написать формулы коэффициентов ряда Фурье для периодической функции с периодом  $2\pi$ : а) в общем виде; б) для четной функции; в) для нечетной функции.

11. Написать формулы коэффициентов ряда Фурье для функций с произвольным периодом.

12. Разложить в ряд Фурье периодическую функцию  $f(x)=x^4$  с периодом  $T = 2\pi$  на отрезке  $[-\pi; \pi]$ .

13. Построить граф БПФ для  $N = 11$  с прореживанием по времени.

14. Рассчитать спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов.

15. Определить спектральную функцию одиночного импульса, описываемого функцией:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(\omega_0 t), & / \omega_0 = \frac{2\pi}{T}, -\frac{T}{3} \leq t \leq \frac{T}{3} \\ 0, & t < -\frac{T}{3}, t > \frac{T}{3} \end{cases}$$

16. Найти математическое ожидание, дисперсию и ковариации случайного процесса  $x_t$ , если  $x_t$  – белый шум с единичной дисперсией. а)  $x_t = 0.2 + 0.85 x_{t-1} + e_t$ ; б)  $x_t = -0.3 x_{t-1} + e_t$ .

17. Определить автокорреляционную функцию одиночного импульса вида:

$$s(t) = \begin{cases} A \sin(2\pi t / T), & -T/4 \leq t \leq T/4 - \tau \\ 0, & |t| > T/4 \end{cases}$$

### Оценочные средства сформированности компетенций

Компетенция	Индекс достижения компетенции	Задание
ОПК-3 Способен применять знания в области	ИД 1. Сбор и систематизация научно-исследовательской информации о	Вопросы для зачета

информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	рассматриваемом объекте или явлении с использованием информационных технологий в рамках задач предметной области	1-24
	ИД 2. Критическая оценка достоверности полученной научно-исследовательской информации о рассматриваемом объекте или явлении;	Задача для зачёта 1,2,3, 4,5,6,7,8,9
	ИД 4. Применение на практике методов и алгоритмов разработки программного обеспечения для решения проблем в рамках научно-исследовательских задач в том числе задач обработки наблюдательных данных.	Задача для зачёта 8,10,11
ПКА-2 Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	ИД-1. Демонстрирует базовые знания теоретических и экспериментальных разделов физики в области физики солнечно-земных связей	Вопросы для зачета 1-24
	ИД 2. Использует информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную, наблюдательную и приборную базы при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.	Задача для зачёта 8,12,13, 16,17
	ИД 3. Использует современные теоретические и экспериментальные методы, включая методы обработки и анализа данных, при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей	Задача для зачёта 5,14,15
	ИД 4. Формулирует результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.	Задачи для зачёта 1-17

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если основной материал усвоен, студент приобрел необходимые знания и умения;
- оценка «не зачтено» - если основной материал усвоен недостаточно, студент не приобрел необходимых знаний и умений

### Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

Результат диагностики сформированности компетенций	Показатели	Критерии	Соответствие / несоответствие	Зачет / экзамен
Положительные результаты устного промежуточного контроля	подготовка к устному промежуточному контролю, знание основных тем дисциплины, указанных в Программе оценивания контролируемой	Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса Не ответил или ответил неправильно	Соответствие  Несоответствие	зачет

	компетенции	на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса		
Положительные результаты решения задач	Решение предложенных преподавателем задач, знание основных тем дисциплины, в Программе оценивания контролируемой компетенции	Положительные результаты решения задач Не решил или неправильно решил предложенные задачи	Соответствие Несоответствие	зачет
Положительные результаты зачета	Подготовка к зачету, знание вопросов , ответы на зачету	Полностью раскрыты все вопросы, даны все правильные определения Не полностью раскрыт один из вопросов и (или) в определениях есть неточности Не полностью раскрыты два вопроса и (или) определения неверны	Соответствие Соответствие Несоответствие	зачет