



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.О.21 Методы обработки сигналов

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика и физика Космоса

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8

от «24» марта 2025 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

 Паперный В.Л.

Иркутск 2025 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	4
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	6
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3. Содержание учебного материала	8
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	9
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	12
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	13
а) <i>перечень литературы</i>	13
б) <i>периодические издания</i>	14
в) <i>список авторских методических разработок</i>	14
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	14
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	14
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	14
6.2. Программное обеспечение:	15
6.3. Технические и электронные средства:	15
VII. Образовательные технологии	16
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	16

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Учебный курс направлен на изучение теоретических основ современных методов и важнейших алгоритмов, применяемых при компьютерной обработке результатов физического эксперимента, которые могут быть представлены в различных формах: электрические сигналы, акустические сигналы, статические и динамические изображения и др. В программе курса предусмотрена работа с натурными наблюдательными данными астрофизических обсерваторий ИСЗФ СО РАН.

Цели: изучение методов анализа и обработки сигналов, способов их преобразования и передачи по каналам связи, освоение теоретических основ математического аппарата цифровой обработки одно- и многомерных сигналов, освоение современных программных инструментов.

Цели лабораторной части курса: изучение способов получения и формирования типовых цифровых сигналов, формирование базовых навыков передачи сигналов по каналам связи, методов преобразования (кодирования-декодирования), изучение практических основ обработки одно- и многомерных сигналов, освоение современных программно-аппаратных сред и инструментов работы с сигналами.

Ставятся **задачи** сформировать практические навыки экспериментальных исследований, работы с аналого-цифровыми устройствами анализа и обработки сигналов, построения цифровых (программно-аппаратных) моделей изучаемых процессов, навыки осмысления результатов физического эксперимента, построения моделей исследуемых процессов.

Лабораторные занятия проводятся с использованием современного учебного оборудования - программно-аппаратного комплекса *National Instruments* (NI) на основе универсальных лабораторных станции NI ELVIS. Программным обеспечением для реализации лабораторных проектов на основе этой платформы является среда визуального программирования *LabVIEW*. Данные средства позволяют проводить обучение в практическом, интерактивном режиме в таких областях, как контрольно-измерительные оборудование, схемотехника и электроника, системы управления и передачи информации и др.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Курс «Методы обработки сигналов» относится к обязательной части блока Б1.

Данная дисциплина предназначена для студентов 3 курса физического факультета.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Курс «Методы обработки сигналов», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 03.03.02 Физика, позволяет студенту приобрести следующую компетенцию:

- Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2).

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-2	ИДК _{ОПК2.1.} Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений	Знает: теоретические основы и математический аппарат анализа и обработки сигналов (представленных в различных формах), методы преобразования сигналов в телекоммуникационных системах – кодирование, сжатие, модуляцию, форматы представления информации. Имеет представление о современных программно-аппаратных средах цифровой обработки сигналов; Умеет: выявлять существенные количественные закономерности физических явлений, реализовывать на типовых и специализированных программных средствах методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, уметь оптимизировать подходы при изменяющихся априорных сведениях. Владеет: навыками использования современных методов и технологий цифровой обработки сигналов, методами обработки данных и навыками их систематизации и анализа.
	ИДК _{ОПК2.2} Проводит научные исследования физических объектов и анализирует результаты исследований	Знает: эффективные способы формирования, обнаружения, различения и оценки параметров сигналов с учетом свойств среды (канала передачи информации) и шумов (помех). Умеет: реализовывать с помощью типовых специализированных инструментов методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов давать аргументированную оценку информации в области всякого рода прогнозов деятельности Солнца. Владеет: практическими навыками обработки цифровых сигналов, базовыми методами работы с данными измерений и навыками их систематизации и анализа.

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 99 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭлИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

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)				Самостоятельна я работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися					
					Лекции	Практи ческие занятия	лаборат орные	Консуль тации		
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10
1	Раздел 1. Вводный курс. Основные определения	6	32,1		3		6+8+8	0,1	7	Проект, дискуссия*, контрольные вопросы
2	Раздел 2. Дискретные сигналы	6	21,2	6	3	2	8	0,2	8	
3	Раздел 3. Спектральный анализ.	6	31,2	6	3	4	8+8	0,2	8	
4	Раздел 4. Фильтры.	6	19,2	8	3	4	4	0,2	8	
5	Раздел 5. Модуляция и демодуляция.	6	19,2	8	3	4		0,2	12	
6	Раздел 6. Адаптивные фильтры.	6	23,1	8	3	4	4	0,1	12	
Контроль			8							
КСР										
Экзамен			26							Экзамен
Итого часов			144	36	18	18	54	1	55	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
6	Основные алгоритмы обработки сигналов на компьютере. Дискретные сигналы.	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	В течение семестра	3	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	Вся рекомендуемая литература
6	Спектральный анализ и фильтрация сигналов	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		8	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
6	Модуляция-демодуляция простейших сигналов	Работа с данными натурного эксперимента		8	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
6	Реконструкция сигналов. Алгоритмы адаптивной фильтрации сигналов	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		8	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
6	Кодирование и декодирование сигналов	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		6	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
6	Методы реализации цифровых фильтров	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях		6	контрольные вопросы, отчет в электронной форме	
6	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; -оформление отчета; - подготовка к защите	В течение семестра	14	Отчёт, ответы на контрольные вопросы	
6	ВСЕ ТЕМЫ	Работа с методическими материалами. Подготовка к экзамену	К концу семестра	2	Опрос	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				55		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. ОСНОВЫ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

1.1. Вводный курс. Основные определения

Классификация сигналов. Энергия и мощность сигнала. Основные статистические характеристики сигнала. Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Корреляционная функция. Теорема Парсеваля. Дискретные представления сигналов. Интегральные представления.

1.2. Дискретные сигналы

Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Теорема Котельникова. Частота Найквиста. Спектр дискретного сигнала. Субдискретизация сигнала. Z-преобразование. Дискретные случайные сигналы. Корреляционная матрица. Дискретный белый шум.

1.3. Спектральный анализ

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства ДПФ. Восстановление непрерывного сигнала с помощью ДПФ. Связь ДПФ и спектра преобразования Фурье. Взаимосвязь ДПФ и фильтрации. Эффект Гиббса. Весовые оконные функции. Периодограмма. Метод Уэлча. Спектр дискретного случайного процесса. Текущие спектры и их свойства.

1.4. Фильтры

Линейная цифровая обработка сигналов с помощью фильтров. Импульсная характеристика фильтра. Функция передачи. Фильтры первого и второго порядка. Формы реализации цифровых фильтров. Понятие свертки. Обращение свертки. Некоторые идеализированные фильтры.

1.5. Модуляция и демодуляция

Амплитудная модуляция. Разновидности амплитудной модуляции. Фазовая и частотная модуляция. Демодуляция. Способы модуляции, используемые при передаче информации.

1.6. Адаптивные фильтры

Основные понятия адаптивной обработки сигналов. Оптимальный фильтр Винера. Понятие целевой функции. Градиентный поиск оптимального решения и т.д. Применение адаптивных фильтров. Выравнивание частотной характеристики приемного канала.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических занятий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1	Основные алгоритмы обработки сигналов на компьютере. Дискретные сигналы.	2	Проект, дискуссия *	ОПК-2
2.	Раздел 1	Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Корреляционная функция	2	Проект, дискуссия *	
3.	Раздел 1	Спектральный анализ. Дискретное преобразование Фурье	2	Проект, дискуссия *	
4.	Раздел 1	Взаимосвязь ДПФ и фильтрации. Эффект Гиббса. Весовые оконные функции	2	Проект, дискуссия *	
5.	Раздел 1	Амплитудная модуляция. Разновидности амплитудной модуляции. Фазовая и частотная модуляция	2	Проект, дискуссия *	
6.	Раздел 1	Демодуляция. Способы модуляции, используемые при передаче информации.	2	Проект, дискуссия *	
7.	Раздел 1	Реконструкция сигналов.	2	Проект, дискуссия *	
8.	Раздел 1	Алгоритмы адаптивной фильтрации сигналов	4	Проект, дискуссия *	

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1	Лабораторная работа 1 (ознакомительная). Инструктаж по технике безопасности. Порядок включения базовой станции NI ELVIS II. Программный модуль виртуальных приборов.. Лабораторная работа 2 Основные устройства NI ELVIS II. Работа с цифровым мультиметром, осциллографом, функциональным генератором.	6	Собеседование	ОПК-2
2.	Раздел 2	Лабораторная работа 3 Переходные процессы в цепях с источником постоянной и переменной ЭДС	8	Решение задач, собеседование	
3.	Раздел 3	Лабораторная работа 4	8	Решение	

		Исследование отклика электрической цепи на различные типы тестовых сигналов		задач, собеседование	
4.	Раздел 4	Лабораторная работа 5 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Дискретизация и восстановление сигналов. Лабораторная работа 6 Кодирование сигналов. Модуляция. Виды модуляции. Передача модулированных сигналов по каналам связи.	8	Решение задач, собеседование	
5.	Раздел 5	Лабораторная работа 7 Интегрирование, свертка, корреляция. Лабораторная работа 8 Свертка как инструмент фильтрации. Простейшие фильтры.	8	Решение задач, собеседование	
6.	Раздел 6	Лабораторная работа 9 Спектральный анализ типовых сигналов. Генерация и исследование шума.	8	Решение задач, собеседование	
7.	Раздел 7	Лабораторная работа 10 Цифровые фильтры: практическое применение. Фильтрация зашумленных сигналов.	8	Решение задач, собеседование	ОПК-2

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Основные алгоритмы обработки сигналов на компьютере. Дискретные сигналы.	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	Написать программу обработки заданного сигнала. Ответить на контрольные вопросы. Написать отчет.	[1,2]	3
2.	Спектральный анализ и фильтрация сигналов	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	Написать программу фильтрации заданного сигнала с помощью сглаживания и ДПФ. Ответить на контрольные вопросы. Написать отчет.	[1,2]	8
3.	Модуляция-демодуляция простейших сигналов	Работа с данными натурального эксперимента	Обработать сигнал. Произвести фильтрацию. Реализовать простейшую модель	[1,2]	8

			передачи сигнала по каналу связи. Написать отчет.		
4.	Реконструкция сигналов. Алгоритмы адаптивной фильтрации сигналов	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	Изучить алгоритмы адаптивной фильтрации. Написать программу обращения свертки и оценки истинного сигнала Написать отчет.	[1,2]	8
5.	Кодирование и декодирование сигналов	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	Написать программу сохранения, считывания и отображения. Написать отчет.	[1,2]	6
6.	Методы реализации цифровых фильтров	Самостоятельное решение задач по данной теме на практических занятиях	Написать программу обработки сигнала. Написать отчет.	[1,2,3]	6
7	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; - оформление отчета; - подготовка к защите	- Оформить отчет по лаб.работе; - ответить на контрольные вопросы; - защитить работу преподавателю	Вся рекомендованная литература	14
8.	Текущие консультации				1
9.	ВСЕ ТЕМЫ	Подготовка к экзамену	Повторить все разделы курса	Основная литература: 1 - 3	1

4.4. Методические указания 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, давать профессиональную оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении лабораторных работ.

При выполнении практических заданий и лабораторной работы обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен

подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) перечень литературы

основная литература

1. Воробьев С.Н. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : учеб. для студ. учрежд. высш. проф. образования по направл. подгот. 210700 "Инфокоммуникац. технологии и системы связи" / С. Н. Воробьев. - ЭВК. - М. : Академия, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 20 доступов. - ISBN 978-5-7695-9560-8
2. Черных, А.А. Цифровая обработка сигналов на основе платы Emona SIGEx [Электронный ресурс] / А. А. Черных, Ю. В. Ясюкевич, В. Л. Паперный. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - Ч. 1. - 2014.
3. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : издание 3-е, исправленное / А. Оппенгейм. - Москва : Техносфера, 2012. - 1048 с. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-94836-329-5
4. Магазинникова, А.Л. Основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] / А. Л. Магазинникова. - Москва : Лань", 2016. - Режим доступа: ЭБС "Издательство Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2175-6

дополнительная литература

- 1) Умняшкин, С. В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Умняшкин. - Москва : Техносфера, 2012. - 368 с. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-94836-318-9
- 2) Дубнищев, Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах [Электронный ресурс] / Ю. Н. Дубнищев. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2011. - 368 с. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1156-6

б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

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

- Журнал "Цифровая обработка сигналов" <http://www.dsps.ru/>
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Библиотека Смитсоновской астрофизической обсерватории (НАСА) полнотекстовых версий научных журналов, в том числе по тематике курса (http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)
- База данных наблюдений инструментов гелио-геофизического комплекса ИСЗФ СО РАН (<http://en.iszf.irk.ru/Observations>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)
- • ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- • ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- • ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- • ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Применять полученные знания на практике студенты могут в специальном дисплейном классе с современной вычислительной техникой и соответствующим программным обеспечением. В классе имеет 14 стационарных компьютеров (Intel Atom CPU D2500) с мониторами (Samsung S19A10 18.5"), WiFi-роутер 54M Wireless Router TL-WR542G, маршрутизатор DES-1005D. Компьютеры имеют доступ к локальной сети университета и выход в Интернет. Студенты могут самостоятельно закреплять полученный материал в этих классах. На занятиях могут использоваться мультимедийные средства: переносной проектор (CASIO XJ-A241), стационарный настенный экран (Classic Solution, 244x244), ноутбук Lenovo B590. Кроме того, на факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы.

Набор заданий, упражнений и задач по ключевым темам курса. Для проведения занятий по дисциплине используется аудитория, оснащенная всем необходимым измерительным оборудованием. Лабораторные стенды укомплектованы учебными программно-аппаратными комплексами фирмы *National Instruments* (NI) на основе универсальных лабораторных

станции NI ELVIS. Основной особенностью конструктивного решения фирмы NI является построение большого набора образовательных практикумов по различным дисциплинам на единой платформе, позволяющей нарабатывать практические навыки самостоятельных экспериментальных исследований, закрепляя теоретические знания.

- 1) Лабораторный комплекс NI ELVIS II с расширительной макетной платой (6 шт).
- 2) Вычислительные станции (ПК) (6 шт., Intel Atom CPU D2500 и D2550 1.86x2GHz, мониторы Samsung S19B300N и S19C150N), с установленной на них операционной системой Windows с доступом в интернет, с драйверами устройств лабораторного комплекса NI ELVIS II.
- 3) Расширительные платы Emona FOTEx (ETT-211, 3 шт).
- 4) Макетные платы NI ELVIS II SERIES Prototyping Board (6 штук).

6.2. Программное обеспечение:

- На каждом компьютере установлены ОС Linux (Ubuntu 14.04.2 LTS) и следующие программные пакеты: Geany 1.23.1, Midnight Commander, Leafpad, Mozilla, Gnuplot, Evince 3.10.3, LibreOffice 4.2.8.2. Все установленное программное обеспечение Freeware.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

-Языки анализа и визуализации данных GDL (freeware), Python (freeware).

- 1) NI LabVIEW. Имеется соответствующая коммерческая лицензия.
- 2) NI ELVISmx Software for NI ELVIS II & NI myDAQ NI. – National Instruments. – версия периодически бесплатно автоматически обновляется с сайта производителя через сеть Интернет. Изначально прилагается вместе с драйверами к оборудованию NI ELVIS II & NI myDAQ – (проприетарное программное обеспечение, не требующая заключения коммерческого договора)
- 3) Microsoft Word и Microsoft Excel 2007 (версия 12.0.4518.1014, номер продукта 89409-708-7331644-65664) в составе пакета MS Office. Лицензия на новые версии периодически обновляется Центром новых информационных технологий ИГУ по всему университету.
- 4) ПО для работы с данными: GDL (Gnu Data Language), Python (freeware, бессрочно).
- 5) Microsoft Windows 7 Профессиональная SP1 (код продукта 00371-838-5610583-85989 и 55041-008-1638604-86979)
- 6) Браузер Google Chrome 58.0.3029.110 (проприетарное программное обеспечение, бессрочно).
- 7) Adobe Acrobat Reader (проприетарное программное обеспечение, автоматическое обновление, бессрочно).

6.3. Технические и электронные средства:

На аудиторных занятиях используются мультимедийные средства: переносной проектор (CASIO XJ-A241), стационарный настенный экран (Classic Solution, 244x244), ноутбук Lenovo B590.

VII. Образовательные технологии

В программе определена четкая последовательность изучения учебного материала.

Реализуются следующие формы учебной деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется в основном на практических занятиях при дискуссии о результатах выполненных практических работ.

Основными видами самостоятельной работы студентов по курсу дисциплины являются:

- выполнение контрольной работы;
- самостоятельная работа над учебными материалами с использованием рекомендуемой литературы, с использованием баз данных в сети Интернет;
- решение физических задач как составных частей лабораторной работы;
- групповые и индивидуальные консультации;
- подготовка к зачету и обсуждению..

При выполнении работ лабораторных занятий обращается особое внимание на выработку у студентов умения пользоваться научно-технической литературой, грамотно оформлять и анализировать полученные результаты..

Текущая работа над учебными материалами представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Для этого используются имеющиеся технические средства, учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (цифровые материалы, базы данных в сети интернет), проектные (мультимедиа).

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса студент должен знать основы физики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет.

Входной контроль не осуществляется.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Задания и вопросы для компьютерного практикума

1. Основные алгоритмы обработки сигналов на компьютере. Дискретные сигналы.

Дано: Цифровая запись гидроакустического сигнала длительностью 1.03 с. Сигнал получен с помощью специализированного 4-х канального приемника на о. Байкал с глубины 150м. Шаг квантования сигнала – 5 мкс.

Необходимо написать программу, которая а) считывает сигнал из файла; б) вычисляет такие характеристики сигнала как: математическое ожидание, дисперсию; в) производит вычисление и построение в виде графиков функции корреляции между парами приемных каналов; г) выполняет операцию усреднения сигнала по трем точкам.

Контрольные вопросы к практикуму:

а) Сигнал имеет частотный спектр, ограниченный частотой $F_{max} F_{max} = 50$ кГц. Каким должен быть выбран шаг квантования сигнала по времени (при его приеме), чтобы обеспечить условие отсутствия потерь информации?

б) Сигнал регистрируется приемным устройством в течение 10 с., дискретные отсчеты сигнала снимаются через каждые 10 мкс. Какова предельная частота сигнала $F_{max} F_{max}$ может быть зафиксирована. Какое разрешение по частоте будет обеспечиваться в этом случае?

2. Спектральный анализ и фильтрация сигналов

Дано: Набор тестовых сигналов (синусоидальный сигнал, синус + белый шум и тд.) представленных в цифровой форме. Цифровая запись радиопотока Солнца на длине волны 5.2 см (шаг квантования 1.6 сек, период наблюдения 8 часов) в формате fits.

Необходимо написать программу, которая совершает следующие действия: а) считывает сигналы из файлов; б) выполняет прямое БПФ над тестовыми сигналами и выводит результат в виде графиков (спектры мощности); в) фильтрует спектры в заданной полосе частот (тип фильтра по выбору пользователя) и производит обратное БПФ. Используя наработанный материал, выполнить анализ спектра реального радиосигнала. Выявить основные свойства спектра. В качестве дополнительного задания предлагается построить скользящий спектр мощности радиосигнала используя метод построения периодограмм Уэлча.

Контрольные вопросы к практикуму:

а) Покажите, что преобразование Фурье и обратное преобразование суть линейные операции.

б) Объяснить, в чем заключается смысл применения оконного преобразования Фурье и оконных весовых функций.

в) Определите максимальный размер M окна сканирования, при котором

предпочтителен прямой алгоритм вычисления свертки, если $N = 2048$, а исходные данные таковы $X = [x_0, x_1 \dots x_{N-2}, x_{N-1}, x_0, x_1 \dots x_{N-2}, x_{N-1}]$ и ядро свертки $G = [g_0, g_1 \dots g_{M-1}, g_0, g_1 \dots g_{M-1}]$ комплексные.

3. Модуляция-демодуляция простейших сигналов

Необходимо смоделировать систему передачи информации по радиоканалу, которая состоит из передатчика сигнала, канала связи с аддитивным белым гауссовым шумом, приемника сигнала. Передатчик включает в себя источник сообщения и модулятор радиосигнала, а приемник - входной полосовой фильтр, демодулятор радиосигнала, ФНЧ.

Отобразить графики временных и спектральных функций на выходе каждого блока. Параметры системы передачи приведены ниже:

Источник сигнала - гармонический сигнал по закону синуса в третьей степени с частотой 130 Гц. Вид модуляции - фазовая модуляция с индексом модуляции 4. Несущая частота 3 кГц. Отношение сигнал/шум 9 дБ. Частота дискретизации 8 кГц.

4. Реконструкция сигналов. Алгоритмы адаптивной фильтрации сигналов

Радиосигнал от наблюдаемого объекта удовлетворяет уравнению вида:

$$H(u) * F(u) = G(u) + N(u)$$

где H – передаточная функция радиотелескопа, F – истинный сигнал, G – наблюдаемый сигнал, N – стационарный гауссов шум; $*$ - знак оператора свертки.

Необходимо написать программу, которая на основе применения оптимального фильтра Винера производит операцию обращения свертки и дает оценку истинного сигнала. Также, необходимо исследовать влияние шума на качество восстановленного сигнала. Даны в виде массивов данных: а) наблюдаемый сигнал; б) истинный сигнал (для тестов алгоритма); в) передаточная функция радиотелескопа.

Форма текущего контроля на лабораторных работах: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к зачёту требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе (в том числе ответить на контрольные вопросы), получив при этом отметку о сдаче.

Текущий контроль успеваемости осуществляется по следующим критериям оценивания уровня приобретенных компетенций:

1. Пороговый уровень:

(знание) дает определения основных понятий;

- воспроизводит основные физические факты, идеи;
- распознает физические объекты;
- знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике в ходе решения лабораторных работ.

(**умение**) умеет работать со справочной литературой;

- использует приборы, указанные в описании лабораторной (или практической) работы;
- умеет представлять (оформлять) результаты своей работы.

(**владение**) владеет терминологией предметной области знания;

- способен корректно представить полученные знания в математической форме.

2. Базовый уровень:

(**знание**) понимает связи между различными физическими величинами;

- имеет представление о физических моделях исследуемых процессов;
- аргументирует выбор метода решения задачи; самостоятельно составляет план решения задачи;
- графически иллюстрирует задачу.

(**умение**) самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование (кабели, разъемы, измерительные приборы и тд.);

- применяет усвоенные методы решения задач в незнакомых ситуациях;
- умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания.

(**владение**) критически осмысливает полученные знания;

- способен корректно представить (оформить) полученные знания в математической форме;
- компетентен в различных ситуациях; (работа в группе, работа в междисциплинарной команде);
- владеет разными способами представления физической информации (результатов измерений).

3. Высокий уровень

(**знание**) фактически и теоретически знает материал курса в пределах области исследования с пониманием границ применимости усвоенных навыков (знания глубокие, всесторонние);

(**умение**) творчески подходит к решению поставленных задач (как теоретических, так и практических); демонстрирует навыки импровизации для оптимального достижения результата;

- умеет абстрагировать проблемы, с которыми сталкивается при решении различных задач.

(**владение**) может самостоятельно оценивать результаты своей работы;

- способен совершенствовать ход выполнения работы, исходя из собственной оценки результатов;
- соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения.
- демонстрирует признаки сформированности компетенции ПК-1.

Пример задания для самостоятельной работы:

Модуляция-демодуляция простейших сигналов

Необходимо смоделировать систему передачи информации по радиоканалу, которая состоит из передатчика сигнала, канала связи с аддитивным белым гауссовым шумом, приемника сигнала. Передатчик включает в себя источник сообщения и модулятор радиосигнала, а приемник - входной полосовой фильтр, демодулятор радиосигнала, ФНЧ.

Отобразить графики временных и спектральных функций на выходе каждого блока. Параметры системы передачи приведены ниже:

Источник сигнала - гармонический сигнал по закону синуса в третьей степени с частотой 130 Гц. Вид модуляции - фазовая модуляция с индексом модуляции 4. Несущая частота 3 кГц. Отношение сигнал/шум 9 дБ. Частота дискретизации 8 кГц.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при защите отчета	Все темы	ОПК-2
2.	Опрос	Все разделы	ОПК-2
3.	Подготовка к экзамену	Все разделы	ОПК-2

Для допуска к экзамену студент должен выполнить все практические задания.

Примерный список вопросов к экзамену:

- Классификация сигналов
- Основные статистические характеристики сигнала
- Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Корреляционная функция
- Теорема Парсеваля
- Дискретные и интегральные представления сигналов.
- Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Теорема Котельникова. Частота Найквиста.
- Спектр дискретного сигнала. Субдискретизация сигнала.
- Дискретный белый шум.
- Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).
- Восстановление непрерывного сигнала с помощью ДПФ.
- Алгоритм быстрого ДПФ (БПФ).
- Эффект Гиббса
- Метод Уэлча
- Спектр дискретного случайного процесса
- Линейная цифровая обработка сигналов с помощью фильтров
- Фильтры первого и второго порядка
- Понятие свертки. Обращение свертки.
- Амплитудная модуляция.
- Фазовая и частотная модуляция
- Демодуляция.

- Оптимальный фильтр Винера.
- Цели и задачи физического эксперимента;
- Современные системы интеграции измерительного оборудования с компьютером;
- Основные принципы и методы проведения измерений;
- Влияние измерительных приборов на результаты эксперимента;
- Переходные процессы в электрических цепях;
- Аналоговая реализация цифровых элементов;
- Теорема Парсеваля. Дискретные и интегральные представления сигналов;
- Восстановление непрерывного сигнала с помощью ДПФ;
- Основы работы АЛУ;
- Усиление сигнала. Операционные усилители: основные параметры;
- Корреляционная и взаимная корреляционные функции;
- Корреляционный прием.
- Фильтры первого и второго порядка;
- Понятие свертки. Обращение свертки;
- Линейная цифровая обработка сигналов с помощью фильтров;

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.ІІІ:

1. *Какими параметрами можно однозначно задать гармонический сигнал?*
 - Амплитудой (A) и начальной фазой (ϕ);
 - Амплитудой (A), частотой (f) и начальной фазой (ϕ); (правильный)
 - Достаточно частоты (f) и начальной фазы (ϕ).
2. *Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность его значений в отдельные моменты времени называется?*
 - Модуляцией сигнала;
 - Цифровым суммированием сигнала;
 - Дискретизацией сигнала. (правильный)
3. *Детерминированный сигнал это?*
 - Сигнал, значения которого известны в любой момент времени; (правильный)
 - Сигнал, значения которого в любой момент времени известны с некоторой вероятностью;
 - Сигнал, значения которого нельзя определить точно в любой момент времени.
4. *Какие распределения могут быть использованы для формирования случайных сигналов?*
 - Быстрое распределение;
 - Нормальное распределение; (правильный)
 - Инверсное распределение с заданной точностью.
5. *Как рассчитать свертку двух сигналов через преобразование Фурье?*
 - Свертка может быть вычислена путем взятия обратного преобразования Фурье от произведения спектров сигналов; (правильный)
 - Свертка может быть вычислена путем умножения сигналов и взятия прямого преобразования Фурье.
6. *Что утверждает теорема Котельникова?*
 - Теорема Котельникова утверждает, что для правильной реконструкции непрерывного сигнала, его частота дискретизации должна быть в два раза больше максимальной частоты в спектре сигнала; (правильный)
 - Теорема Котельникова утверждает, что для правильной реконструкции непрерывного сигнала, амплитуда такого сигнала должна быть удвоена.
7. *О чем говорит теорема Парсеваля?*
 - Теорема Парсеваля связывает полную энергию сигнала с его спектром; (правильный)
 - Теорема Парсеваля связывает амплитуду сигнала с его фазой;
 - Теорема Парсеваля определяет величину модуляции электрического тока в цепи.

Разработчики:



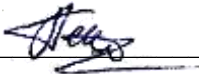
 (подпись)

 (занимаемая должность)

доцент ИГУ, к.ф.-м.н. А.А., Кочанов
 (инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
 « 24 » марта 2025__г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

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