

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1146366	Основы цифровой обработки сигнала

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Физика	Код ОП 1. 03.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Физика	Код направления и уровня подготовки 1. 03.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Основы цифровой обработки сигнала

1.1. Аннотация содержания модуля

Дается представление о методах исследований и измерений, применяющихся в физике. Обсуждается место и роль цифрового представления сигналов в современной науке и технике. Сходство и различие аналогового и цифрового представления информации, проблемы и способы их решения при преобразовании аналоговых сигналов в цифровые и обратно. Анализ во временном и частотном пространстве. Виды преобразований Фурье, быстрое преобразование Фурье. Случайные сигналы и шумы. Статистические параметры процессов. Отношение сигнал/шум и методы его увеличения. Цифровые фильтры, основные типы, фильтры с линейной фазочастотной характеристикой, способы синтеза.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Основы цифровой обработки сигнала	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Математические основы профессиональной деятельности 2. Общая физика
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Основы цифровой обработки сигнала	ПК-1 - Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения	З-1 - Знать основные методы теоретических и экспериментальных физических исследований У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы

	профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	П-1 - Предлагать использование методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы цифровой обработки сигнала

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Рокеах Александр Ицекович	кандидат физико- математических наук, старший научный сотрудник	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики
2	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Рокеах Александр Ицкович, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной физики
- Тебеньков Александр Владимирович, Старший преподаватель, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Сигналы и системы. Описание во временной области. Импульсная характеристика. Линейные разностные уравнения	Предмет курса. Понятие сигнала. Сигналы в непрерывном времени. Дискретные сигналы. Аналоговые и цифровые сигналы и системы. Представление произвольных последовательностей. Линейные системы, инвариантные к сдвигу. Понятие импульсной характеристики, ее смысл. Свертка последовательностей. Выходная последовательность – свертка входной последовательности и импульсной характеристики системы. Импульсная характеристика параллельно и последовательно соединенных систем. Понятия физической реализуемости и устойчивости линейных, инвариантных к сдвигу систем. Критерий устойчивости. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами.
P2	Частотная характеристика. Дискретный ряд Фурье	Частотная характеристика цифровой линейной системы, инвариантной к сдвигу. Собственные функции и собственные значения операторов преобразования, соответствующих таким системам. Периодичность частотной характеристики дискретных систем. Дискретный ряд Фурье. Преобразование Фурье. Эквивалентность анализа систем во временном и частотном пространстве. Определение отклика системы на произвольную последовательность в частотном пространстве. Некоторые свойства симметрии преобразования Фурье.

P3	Дискретизация аналогового сигнала	Дискретизация сигналов в непрерывном времени. Соотношение спектра непрерывного и дискретизированного сигнала. Теорема Найквиста о дискретизации. Эффект наложения (сворачивания). Восстановление аналогового сигнала с ограниченным спектром по выборкам. Функция $\text{sinc}(x)$.
P4	Дискретное преобразование Фурье периодических последовательностей. Свертка конечных последовательностей	Дискретное преобразование Фурье периодических последовательностей. Z-преобразование. Связь дискретного Фурье преобразования и Z-преобразования. Дискретное преобразование Фурье конечных последовательностей. Интерполяция значений дискретного преобразования Фурье конечных последовательностей. Наложение во временной области. Критерий однозначного восстановления конечной последовательности по ее спектру. Свойства дискретного преобразования Фурье последовательностей конечной длины. Пример использования свойств симметрии для оптимизации вычислительного алгоритма. Свертка конечных последовательностей. Периодическая свертка. Линейная свертка. Секционированные свертки.
P5	Быстрое преобразование Фурье	Быстрое преобразование Фурье. Основная идея. Алгоритм Кули-Тьюки. Прореживание по времени и по частоте. Эффективность применения алгоритма.
P6	Случайные сигналы. Понятие отношения сигнал/шум	<p>Понятие о случайных сигналах. Сечение случайного процесса, распределение и плотность вероятности. Характеристики случайного сигнала – среднее значение, второй момент и дисперсия. Автокорреляция и взаимная корреляция. Понятие стационарного и эргодического процессов. Статистические характеристики стационарных эргодических процессов. Некоторые свойства автокорреляционных функций. Оценка автокорреляционной функции. Взаимосвязь между спектральной плотностью и автокорреляционной функцией. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум, его спектр и автокорреляционная последовательность.</p> <p>Понятие шума. Тепловой шум, формула Найквиста. Центральная предельная теорема статистики. Понятие гауссового случайного процесса. Распределение Гаусса. Понятие отношения сигнал/шум. Накопление сигнала, изменение отношения сигнал/шум при накоплении.</p>
P7	Аналого-цифровое преобразование. Цифро-аналоговое преобразование. Цифровые фильтры.	Аналого-цифровое преобразование. Цифро-аналоговое преобразование. Понятие об идеальном цифровом фильтре. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Фильтры с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсной характеристикой. Передаточная функция фильтра в z-пространстве. Нули и полюса фильтра. Структурная схема трансверсального цифрового фильтра. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики КИХ фильтра. Условие линейности фазо-частотной характеристики. Виды амплитудно-частотных характеристик КИХ фильтров с линейной фазой. Расчет КИХ фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой. Явление Гиббса. Метод «окна» при проектировании фильтров. Некоторые виды «окон». Импульсные характеристики

		основных типов частотных фильтров. Алгоритм синтеза КИХ фильтра методом «окна».
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-1 - Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы цифровой обработки сигнала

Электронные ресурсы (издания)

1. Оппенгейм, А., А., Боев, С. Ф.; Цифровая обработка сигналов; Техносфера, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730> (Электронное издание)
2. Каратаева, Н. А.; Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие. 2. Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация; ТУСУР, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480454> (Электронное издание)
3. Васюков, В. Н.; Цифровая обработка сигналов: сборник задач и упражнений : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576569> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Куприянов, М. С., Матюшкин, Б. Д.; Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования; Политехника, Санкт-Петербург; 2000 (5 экз.)
2. Гадзиковский, В. И.; Цифровая обработка сигналов Вып. 1. Теоретические основы цифровой

обработки сигналов; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (12 экз.)

3. Куприянов, М. С., Матюшкин, Б. Д.; Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования; Политехника, Санкт-Петербург; 2002 (6 экз.)

4. Оппенгейм, А., Шафер, Р., Кулешов, С. А., Сергиенко, А. Б.; Цифровая обработка сигналов; Техносфера, Москва; 2007 (29 экз.)

5. Гадзиковский, В. И.; Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 210400-Радиотехника.; Солон-Пресс, Москва; 2013 (50 экз.)

6. Денисенко, А. Н.; Цифровые сигналы и фильтры: теория и практика применения; Медпрактика-М, Москва; 2008 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронная научная библиотека <https://elibrary.ru>
2. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы цифровой обработки сигнала

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Labview 2012</p>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Не требуется