

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)
Физический факультет
Кафедра радиофизики



ТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ СИГНАЛОВ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**
Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	72	24			26	18	2			2
Всего	72	24			26	18	2			2
Всего 72 часов / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 28 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу

С.В. Цыбуля

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий	4
5. Перечень учебной литературы	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина (курс) «**Теория сигналов**» имеет своей целью: ознакомление с понятием сигнала, его математическими моделями и способами их построения и анализа. Рассматриваются разные классы сигналов, математические основы построения моделей сигналов, способы их представления и описания, особенности их преобразования, методы анализа сигналов и преобразующих систем.

Современная теория сигналов является отраслью науки и учебной дисциплиной, смежной с рядом других отраслей (дисциплин), в которых способы анализа и синтеза сигналов нашли особенно широкое приложение. К ним относятся: общая теория линейных цепей и систем, теория информации, теории связи, регулирования и управления. Все отмеченные смежные отрасли - это фактически области приложения теории сигналов. Иначе говоря, развиваемые в теории сигналов методы анализа сигналов и преобразующих систем находят широкое применение в различных областях науки и техники, где имеют дело с сигналами (радиотехника, связь, автоматическое управление, физика ускорителей заряженных частиц, биофизика, геофизика и т.п.).

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3. Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Знать основы теории представления и преобразования сигналов, основные классы сигналов и типы преобразующих систем.</p> <p>Уметь выбрать метод анализа, адекватный решению данной проблемы, выбрать подходящий для решения конкретных физических задач ансамбль сигналов и методы его обработки;</p> <p>Владеть методами анализа и синтеза радиотехнических устройств для преобразования сигналов, способами применения методов теории сигналов для анализа систем регистрации и управления для физического эксперимента.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория сигналов» реализуется кафедрой радиофизики в весеннем семестре 4 курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

Дисциплина «Теория сигналов» опирается на следующие дисциплины данной образовательной программы:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;

- Высшая алгебра;
- Функциональный анализ;
- Математическая статистика.

Освоение дисциплины «Теория сигналов» необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	72	24			26	18	2			2
Всего	72	24			26	18	2			2
Всего 72 часов / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 28 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента, контроль самостоятельной работы студента, консультация, экзамен. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: выборочный опрос по материалам предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы:

- лекции – 24 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестров, не включая период сессии – 26 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультация и экзамен) – 22 часа;

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (лекции, групповые консультации, экзамен) составляет 28 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий

Дисциплина «Теория сигналов» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-м курсе физического факультета НГУ в 8 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

Основное внимание при изложении материала обращено на принципы представления и описания сигналов, особенности их преобразования, методы анализа сигналов и преобразующих систем.

Курсы, аналогичные нашему, проводятся на физическом факультете МГУ, на радиофизическом факультете НГТУ, в МИФИ и других вузах в нашей стране и за рубежом.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация: Экзамен (в часах)
			Всего	Аудиторные часы	Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции		
1	2	3	4	5	6	7
1	<i>Введение в теорию сигналов</i>	1	4	2	2	
2	<i>Линейные пространства теории сигналов</i>	2,3	6	4	2	
3	<i>Линейные представления сигналов</i>	4,5	6	4	2	
4	<i>Свойства линейных преобразований</i>	6,7,8	10	4	6	
5	<i>Сигналы с ограниченным спектром</i>	9,10,11	8	4	6	
6	<i>Корреляционный анализ сигналов</i>	12	4	2	2	
7	<i>Линейные преобразования сигналов</i>	13,14,15	8	2	4	
8	<i>Цифровая обработка сигналов</i>	16	4	2	2	
7	Самостоятельная подготовка к экзамену		18			18
	Консультация		2			2
	Экзамен		2			2
	ИТОГО		72	24	26	22

Программа и основное содержание лекций (24 часа)

1. Введение в теорию сигналов (2 часа)

Понятие сигнала, физические модели, информация, формализованное представление сигнала. Классификация сигналов. Детерминированные и случайные сигналы. Задачи теории сигналов.

2. Линейные пространства теории сигналов (4 часа).

Линейные пространства. Метрические пространства. Представление элементов векторного пространства со скалярным произведением. Модель физического пространства. Пространства функционалов. Линейные преобразования. Линейные операторы, Пространство билинейных функционалов.

3. Линейные представления сигналов (4 часа).

Дискретные представления. Интегральные представления. Преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Преобразование Гильберта.

4. Свойства линейных преобразований (4 часа)

Свойства операторов преобразований Фурье. Примеры спектров простейших периодических сигналов. Оператор интегрального представления. Формулы суммирования Пуассона, Спектральные плотности простейших сигналов.

5. Сигналы с ограниченным спектром (4 часа)

Плоскость время-частота. Представление узкополосных сигналов. Модулированные колебания. Корреляционная функция аналитического сигнала. Полосовая фильтрация.

6. Корреляционный анализ сигналов (2 часа)

Энергетические спектры сигналов. Корреляционные функции сигналов. Кросскорреляционная функция. Автокорреляционная функция.

7. Линейные преобразования сигналов (2 часа)

Блок-схемы линейных операторов. Интегральные и дифференциальные уравнения. Интегральные и спектральные представления операторов. Информационные системы. Преобразующие устройства. Импульсная реакция и переходная функция. Методы расчета импульсных реакций стационарных систем.

8. Цифровая обработка сигналов (2 часа)

Структурная схема цифровой обработки сигналов. Характеристики дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Цифровые фильтры. Программные средства цифровой обработки сигналов

Самостоятельная работа студентов (44 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Повторение материала лекций в течение семестра	26
Подготовка к промежуточной аттестации	18

Примеры вопросов для самостоятельной работы

1. Сигналы с ограниченным спектром. Теорема Котельникова.
2. Свойства дискретного представления Фурье.
3. Спектр сигнала с угловой модуляцией.
4. Реализация однополосного АМ сигнала с помощью полосового фильтра.

5. Перечень учебной литературы

Учебно-методические материалы к теоретическому курсу «Теория сигналов»

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы, М. Радио и связь, 1986г, (1 экз.)
2. Радиотехнические цепи и сигналы: Примеры и задачи: [Учеб.пособие для радиотехн. спец. вузов / Г.Г.Галустов и др.] ; Под ред.И.С.Гоноровского М. : Радио и связь, 1989, 248 с. : ил., ISBN 5256003445 (5 экз.)
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002г., ISBN 5-318-00666-3 (1 экз.)
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высш. шк., 2000. 462 с., ISBN 5-06-003843-2 (2 экз.)

5. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1975г (3 экз), 1976 (2 экз.)
6. Френкс Л. Теория сигналов. М.: Сов. радио, 1974. 344 с. (2 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры радиофизики:

1. Электронный курс «Теория сигналов» <https://el.nsu.ru/course/view.php?id=1078>
2. Методические материалы на сайте кафедры на сайте кафедры Радиофизики <http://www.inp.nsk.su/students/radio/index.ru.shtml>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используется

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Теория сигналов» используются учебные аудитории для проведения лекционных занятий, текущего контроля, промежуточной аттестации.

Учебные аудитории укомплектованы техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Есть возможность использования мультимедийного проектора, компьютера, интернет-библиотек, серверов Университета и Института ядерной физики.

Доступ к информационным ресурсам:

- на сайте кафедры <http://www.inp.nsk.su/students/radio/index.ru.shtml>
- к электронному курсу Теория сигналов <https://el.nsu.ru/course/view.php?id=1078>

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль обучения производится на лекциях (выборочный опрос по материалам предыдущей лекции)

Промежуточная аттестация для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен (8 семестр).

Промежуточная аттестация (весенний семестр) – экзамен.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Освоение компетенций оценивается по пятибалльной шкале. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Для получения итоговой оценки "отлично" (продвинутый уровень усвоения компетенций) должны быть продемонстрированы качественные знания по всем двум вопросам билета. При необходимости уточнения уровня знаний экзаменуемого ему может также быть предложен дополнительный вопрос.

Кроме того, любой студент может получить дополнительную простую задачу, подкрепляющую его ответ на вопрос билета, если в ходе ответа возникнут сомнения в уровне понимания и усвоения компетенций.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать основы теории представления и преобразования сигналов, основные классы сигналов и типы преобразующих систем.	Выборочный опрос по материалам предыдущей лекции, экзамен.
ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Уметь выбрать метод анализа, адекватный решению данной проблемы, выбрать подходящий для решения конкретных физических задач ансамбль сигналов и методы его обработки;	Выборочный опрос по материалам предыдущей лекции, экзамен

<p>ПК 1.3. Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Владеть методами анализа и синтеза радиотехнических устройств для преобразования сигналов, способами применения методов теории сигналов для анализа систем регистрации и управления для физического эксперимента.</p>	<p>Выборочный опрос по материалам предыдущей лекции, экзамен</p>
---	---	--

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Теория сигналов»

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения без недочетов и ошибок. Продемонстрировано использование умений выбора подходящего для решения задачи метода теории сигналов.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы навыки использования методов теории сигналов для анализа радиотехнических систем.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Вопросы к экзамену:

1. Понятие сигнала
2. Классификация сигналов
3. Детерминированные и случайные сигналы
4. Отображения сигналов
5. Метрические пространства
6. Представление элементов векторного пространства со скалярным произведением
7. Линейные пространства теории сигналов
8. Линейные операторы
9. Линейные представления сигналов; Дискретные представления
10. Линейные представления сигналов; Интегральные представления
11. Свойства операторов преобразований Фурье; Примеры спектров простейших периодических сигналов
12. Сигналы с ограниченным спектром, Теорема Котельникова
13. Представление узкополосных сигналов, Модулированные колебания
14. Корреляционный анализ детерминированных сигналов, Автокорреляционная функция, Взаимная корреляционная функция двух сигналов

Пример задач к экзамену:

Задача 1: Найти временное представление идеального низкочастотного сигнала.

Решение: Спектральная плотность идеального низкочастотного сигнала представляет собой ступенчатую функцию:

$$F(\omega) \begin{cases} A; & \omega \in (-\Omega, \Omega) \\ 0; & \omega \notin (-\Omega, \Omega) \end{cases}$$

Выполним обратное интегральное преобразование Фурье

$$f(t) = \int_{-\Omega}^{\Omega} A e^{i\omega t} d\omega = \frac{A}{it} [e^{i\Omega t} - e^{-i\Omega t}] = 2A\Omega \text{sinc}(\Omega t)$$

Задача 2: Найти расстояние между двумя цифровыми сигналами $x_1 = (1010)$, $x_2 = (1101)$

Представленные сигналы можно выразить в четырехмерном базисе с ортонормированными базисными векторами

$$\varphi_1 = (0001), \varphi_2 = (0010), \varphi_3 = (0100), \varphi_4 = (1000)$$

Расстояние между N-разрядными цифровыми сигналами можно выразить как расстояние

$$\text{Хемминга } h(i, j) = \sum_{k=1}^N |\alpha_k(i) - \alpha_k(j)| = 1 + 1 + 1 + 0 = 3$$

Пример экзаменационного билета

Билет №1

1. Понятие сигнала
2. Дискретные представления. Обобщенные ряды Фурье. Спектры представления. Теорема проектирования.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Теория сигналов»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного