

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



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИСЗФ СО РАН
А.В. Медведев
«13» августа 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Д.5 Радиофизика

Научная специальность 1.3.4 Радиофизика

Иркутск 2022

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал
кандидат физико-математических наук

Н.В. Ильин

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

Дисциплина «Радиофизика» входит в образовательный компонент основной профессиональной образовательной программы по научной специальности 1.3.4. Радиофизика.

Дисциплина является обязательной для обучающихся в аспирантуре по научной специальности 1.3.4. Радиофизика

Знания и умения, приобретаемые аспирантами после изучения дисциплины, будут использоваться для решения научных задач, и направлены на подготовку к сдаче кандидатского экзамена и к дальнейшей научной работе.

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Радиофизика» является получение фундаментальных знаний и возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении практик, написания научных работ, в своей научной и педагогической деятельности.

Задачами дисциплины «Радиофизика» является освоение основных результатов экспериментальных и теоретических результатов исследований в области радиофизики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Знать: содержание методик анализа современных физико-технических проблем радиофизики, всех их особенностей, аргументировано обосновывать критерии выбора методик анализа, способов и методов решения профессиональных задач.

Уметь: критически анализировать проблемы радиофизики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, учитывая тенденции развития радиофизики.

Владеть: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач радиофизики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов

| Вид учебной работы | Всего часов / зачетных единиц |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Аудиторные занятия (всего) | 36/1 |
| В том числе: | |
| Лекции | 36/1 |
| Семинары | |
| Самостоятельная работа (всего) | 36/1 |
| Вид промежуточной аттестации (кандидатский экзамен) | 36/1 |
| Контактная работа (всего) | 36/1 |
| Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы) | 108/3 |

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Линейные системы, колебания, сигналы.

Темы: Классификация сигналов. Аналоговый и цифровой сигналы. Спектры периодических и непериодических сигналов.

Свойства преобразований Фурье и Лапласа.

Линейные цепи с сосредоточенными параметрами. Определение и общие свойства линейных цепей. Идеализированные элементы. Метод комплексных амплитуд. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Описание спектра сигнала в символическом представлении, переходные характеристики. Фильтры низких и высоких частот.

Полосовые фильтры. Комплексный коэффициент передачи электронной цепи. Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики электрических цепей.

Свободные колебания в LC-контуре. Вынужденные колебания в последовательном контуре. Фильтрующие свойства последовательного колебательного контура. Фильтрующие свойства параллельного колебательного контура. Система связанных контуров. Частотные, фазовые и переходные характеристики LC-цепей.

Длинные линии, телеграфные уравнения.

Линии без потерь, волновые уравнения. Нестационарные процессы в линиях. Волноводы.

Раздел 2. Теория волн

Темы: Плоские однородные и неоднородные волны. Поток энергии. Поляризация.

Распространение сигнала в диспергирующей среде.

Простейшие физические модели диспергирующих сред.

Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости. Расплывание и компрессия импульсов.

Амплитудная фазовая и частотная модуляция. Детектирование амплитудно- и частотно-модулированных сигналов.

Волны в периодических структурах.

Связанные волны.

Раздел 3. Генерация, усиление, излучение и управление сигналами

Темы. Автоколебательная система, условие баланса амплитуд и условие баланса фаз. Энергетические соотношения.

Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация.

Классификация и основные характеристики усилителей. Входной и выходной импедансы. Эмиттерный повторитель. Многокаскадный усилитель. Обратная связь в усилителях. Влияние обратной связи на основные характеристики усилителей. Усилители постоянного тока, дифференциальный каскад.

Операционные усилители. Операционный усилитель как базовый элемент функциональных устройств: сумматор, интегратор, дифференциатор, логарифмический усилитель, генератор, триггер, фазовращатель, стабилизатор.

Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний.

Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве. Укороченные уравнения.

Усилители СВЧ-диапазона. Генерация волн в СВЧ диапазоне (лампа бегущей и обратной волны, магнетрон и клистрон).

Излучение электромагнитных волн. Элементарный вибратор. Антенны. Радиолокация.

Раздел 4. Статистическая радиофизика

Темы: Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность.

Измерение вероятностей и средних значений.

Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера—Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.

Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум.

Отклик линейной системы на шумовые воздействия; функция Грина, интеграл Дюамеля.

Действие шума на колебательный контур, фильтрация шума. Нелинейные преобразования (умножения частоты и амплитудное детектирование узкополосного шума).

Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера—Планка. Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум;

классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно черного тела.

Случайные поля. Пространственная и временная когерентность. Дифракция случайных волн.

Дифракция регулярной волны на случайном фазовом экране. Тепловое электромагнитное поле. Теорема взаимности.

Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния.

Взаимодействие случайных волн. Генерация второй оптической гармоники, самофокусировка и самомодуляция частично когерентных волн. Преобразование спектров шумовых волн в нелинейных средах без дисперсии.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

| № | Раздел | Всего часов | Аудиторные занятия | | СРС |
|---------------------|-------------------------------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------|
| | | | Лекции | Практические занятия | |
| 1 | Линейные системы, колебания, сигналы | 16 | 8 | | 8 |
| 2 | Теория волн | 20 | 10 | | 10 |
| 3 | Генерация, усиление, излучение и управление сигналами | 16 | 8 | | 8 |
| 4 | Статистическая радиофизика | 20 | 10 | | 10 |
| 5 | К.экзамен | 36 | - | | - |
| Итого (часы) | | 108 | 36 | | 36 |
| Итого (з.е.) | | 3 | 1 | | 1 |

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 | Исследовательская практика | Р.1-4 |

5.4. Перечень лекционных занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование используемых технологий | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства |
|-------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1. | Линейные системы, колебания | лекция | 4 | устный опрос |
| 2. | Радиосигналы, спектры, свойства преобразований Фурье | лекция | 4 | устный опрос |
| 3. | Плоские волны в однородных и неоднородных средах | лекция | 4 | устный опрос |
| 4. | Групповые и фазовые характеристики, дисперсионные свойства | лекция | 4 | устный опрос |
| 5. | Нестационарные системы | лекция | 2 | устный опрос |
| 6. | Излучение сигналов, теория антенн | лекция | 4 | устный опрос |
| 7. | Нелинейные колебания и волны | лекция | 4 | устный опрос |
| 8. | Стохастические системы | лекция | 2 | устный опрос |
| 9. | Теория фильтрации, активные фильтры | лекция | 4 | устный опрос |
| 10. | Линейное взаимодействие волн | лекция | 4 | устный опрос |

5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Данный вид занятий не предусмотрен

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

| Раздел | Тема | Вид самостоятельной работы | Рекомендуемая литература | Всего часов |
|--------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|
| 1 | Вынужденные колебания | конспектирование | Основная литература (1,3) | 2 |
| | Параметрические колебания | конспектирование | Основная литература (1,3) | 2 |
| | Узкополосные сигналы | конспектирование | Основная литература (1,3) | 2 |
| | Широкополосные сигналы | конспектирование | Основная литература (1,3) | 2 |

| | | | | |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|---|
| 2 | Основные особенности колебательных процессов в диссипативных системах и методы их рассмотрения. | конспектирование | Основная литература (1,3) | 6 |
| | Метод фазовой плоскости. Построение фазовых траекторий свободных колебаний методом Льенара | конспектирование | Основная литература (1,3) | 4 |
| 3 | Спектральное и временное представление | конспектирование | Основная литература (1,3) | 4 |
| | Обработка экспериментальной информации. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ | конспектирование | Основная литература (1,3) | 4 |
| 4 | Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций | конспектирование | Основная литература (1,3) | 4 |
| | Метод фазового экрана | конспектирование | Основная литература (1,3) | 3 |
| | Рассеяние на случайной поверхности | конспектирование | Основная литература (1,3) | 3 |

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Каждый вид самостоятельной работы направлен на закрепление и углубление знаний, полученных во время аудиторных занятий.

1) Работа с конспектами лекций

Студент повторяет содержание лекции, используя материалы конспекта, в случае необходимости дополняет их информацией из рекомендуемой и дополнительной литературы.

2) Работа с литературой

Студент осваивает материал, предназначенный для самостоятельного изучения, используя рекомендуемую и дополнительную литературу, составляет подробный конспект темы, анализирует и воспроизводит необходимые математические выкладки.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

1. Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн. М.: ЛЕНАНД, 2009.—496 с. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).

2. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. М.: Техносфера, 2006. - 336 с. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
3. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука, 1999. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).

6.2. Дополнительная литература

1. Девис К. Радиоволны в ионосфере. М.: МИР, 1973. (ЭБ: неограниченный доступ).
2. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. М.: Наука, 1984. – 392 с. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
3. Брюнелли В.Е., Кочкин Н.И. Метод некогерентного рассеяния радиоволн. Ленинград: Наука, 1979. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
4. Куницын В.Е., Терещенко Е.Д. Томография ионосферы. М., 1991. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
5. В. Е. Куницын, Е. Д. Терещенко, Е. С. Андреева. Радиотомография ионосферы. М.: Физматлит, 2007. - 336 с. : ил. (1 экз.)
6. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Толмачева А. В., Бахметьева И. В. Исследования ионосферы с помощью искусственных периодических неоднородностей. Н. Новгород, Изд-во ИПФ РАН, 1999. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
7. Якубов В. П. Доплеровская сверхбольшебазовая интерферометрия. Томск, Изд-во «Водолей», 1997. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
8. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов. М. «Связь», 1972. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
9. Мельник Ю.А., Зубкович С.Г., Степанченко В.Д., и др. Радиолокационные методы исследования Земли / Под ред. Ю.А. Мельник. – М.: Советской радио, 1980. – 264 с. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
10. Харгривс Дж. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. (4 экз.)
11. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1990. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
12. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
13. Zolesi V., Cander L.R. Ionospheric prediction and forecasting. Springer, 2014. (ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ).
14. Brekke A. Physics of the Upper Polar Atmosphere. 2th ed. Chichester: Springer Praxis, 2013. ЭБ (<http://irbis.iszf.irk.ru>): неограниченный доступ

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

- <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>
- NASA ADS (http://adsabs.harvard.edu/ads_abstracts.html).
- Архив наблюдений радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (<http://badary.iszf.irk.ru/>)
- Научная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>)
- Научные данные (материалы) издательства Cambridge University Press (<http://www.cambridge.org>)

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

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>

- Журналы Американского физического общества <http://publish.aps.org/>
- научная электронная библиотека + Российский Индекс Научного Цитирования <https://elibrary.ru>
- Международный каталог и поисковая система по публикациям в области астрофизики http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- Международная система индексирования публикаций Web of Science <http://webofknowledge.com>
- Научные ресурсы зарубежного издательства Elsevier B.V. – Freedom Collection (<https://www.elsevier.com>)

6.5. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

| № | Наименование программного продукта | Кол-во | Обоснование для пользования ПО (Лицензия, Договор, счёт, акт или иное) | Дата выдачи лицензии | Срок действия права пользования |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level | 3 | Номер Лицензии Microsoft 47790919 | 30.01.2009 | бессрочно |
| 2 | Microsoft Windows Professional 7 Russian OPEN 1 License No Level Legalization Get Genuine | 5 | Номер Лицензии Microsoft 47771806 | 06.12.2010 | бессрочно |
| 3 | 7-Zip | 1 | Свободно распространяется на условиях лицензии GNU LGPL | | бессрочно |
| 4 | Adobe Acrobat Reader DC | 1 | Лицензионное соглашение на программное обеспечение Adobe. | | бессрочно |
| 5 | Mozilla Firefox | 1 | Свободно распространяется на условиях тройной лицензии Mozilla (MPL / GPL / LGPL). | | бессрочно |
| 6 | VLC Media player | 1 | Свободно распространяется на условиях лицензии GNU GPL | | бессрочно |
| 7 | Операционная система Ubuntu | 6 | свободная лицензия | | бессрочно |
| 8 | Дистрибутив Python Anaconda | 6 | свободная лицензия | | бессрочно |
| 9 | Офисный пакет Libre Office | 6 | свободная лицензия | | бессрочно |

7. Образовательные технологии

- Лекции;
- Самостоятельная работа

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

9. Контроль качества освоения программы аспирантуры

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

Планируемые результаты освоения дисциплины

Знать

1. классификацию сигналов. Аналоговый и цифровой сигналы. Спектры периодических и непериодических сигналов;
2. свойства преобразований Фурье и Лапласа;
3. теоретические основы распространения волн в сплошной среде;
4. основные теоретические представления о распространении электромагнитных волн в плазме;
5. основные факторы влияния среды распространения на характеристики радиосигналов;
6. методы формирования и детектирования радиосигналов;
7. численные методы анализа данных;
8. устройство и принцип действия приборов и радиофизических инструментов.

Уметь

1. применять результаты теоретических исследований к интерпретации данных наблюдений;
2. математическим аппаратом для решения прямой задачи оценки параметров сигнала;
3. формулировать, излагать и аргументированно отстаивать собственное видение рассматриваемых проблем;
4. анализировать и интерпретировать полученные результаты исследования;
5. выявлять артефакты обработки данных;
6. проводить физическую интерпретацию данных радиозондирования, полученных в конкретных радиофизических экспериментах.

Владеть

1. математическими методами моделирования физических процессов в неоднородной среде при распространении радиоволн;
2. навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля–атмосфера;
3. методами пространственного анализа радиофизических и ионосферных данных;
4. терминологией, используемой при проведения экспериментов с помощью современных приборов и уникальных научных установок.

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос в виде собеседования.

Оценочные средства для оценки текущей успеваемости студентов

Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

| Раздел/ Тема* | ОС | Содержание задания |
|------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Разделы 1-4 | собеседование | Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. |

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины в виде кандидатского экзамена в соответствии с графиком учебного процесса.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина

Радиофизика

1. Описать свободные колебания в LC-контуре
2. Вычислить передаточную функцию RLC фильтра
3. Области ионосферы, слой F, F1: морфология и механизмы образования.

Примерные вопросы для кандидатского экзамена

- 1) Свободные колебания в консервативных колебательных системах. Качественное рассмотрение колебаний физического маятника.
- 2) Амплитуда, фаза и огибающая узкополосных сигналов. Квадратурные составляющие сигнала узкополосного сигнала. Дискретизация узкополосных сигналов.
- 3) Соотношения Крамерса – Кронига.
- 4) Спектральный анализ периодических и не периодических сигналов. Энергетические характеристики сигналов.
- 5) Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.
- 6) Основные особенности колебательных процессов в диссипативных системах и методы их рассмотрения. Метод фазовой плоскости. Построение фазовых траекторий свободных колебаний методом Льенара.
- 7) Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы.
- 8) Дискретизация узкополосных сигналов. АЦП. Ряд Котельникова.
- 9) Дисперсия, распространение импульсов в среде с дисперсией.
- 10) Спектральный анализ периодических и не периодических сигналов. Энергетические характеристики сигналов.
- 11) Вынужденные колебания в линейной системе при гармоническом силовом воздействии. Вынужденные колебания в нелинейной консервативной системе при гармоническом силовом воздействии.

- 12) Вынужденные колебания в нелинейной консервативной системе при гармоническом силовом воздействии. Метод медленно меняющихся амплитуд. Метод медленно меняющихся амплитуд и его применение к расчету колебаний в слабо нелинейных системах с малым затуханием.
- 13) Детерминированные и случайные сигналы. Случайные сигналы и их основные характеристики.
- 14) Геометрическое и дифракционное приближения при анализе распространения радиоволн. Влияние неровностей земной поверхности. Земные и тропосферные радиоволны.
- 15) Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера—Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.
- 16) Параметрическое воздействие на колебательные системы. Свойства активных систем.
- 17) Области ионосферы, слой F, F1: морфология и механизмы образования.
- 18) Прохождение сигналов через линейные системы с постоянными параметрами. Спектральный метод. Метод интеграла наложения.
- 19) Классификация различных областей атмосферы. Вертикальная структура атмосферы, механизмы ее формирования.
- 20) Основные физические определения и классификация автоколебательных систем. Общее рассмотрение автоколебательных систем. Автоколебательные системы томсоновского типа. Поведение автоколебательных систем при внешнем гармоническом воздействии.
- 21) Плоские волны в холодной плазме. Гидромагнитные волны.
- 22) Умножение частоты. Амплитудное детектирование. Синхронное детектирование.
- 23) Образование ионосферных слоев. Фотохимические процессы в ионосфере.
- 24) Собственные колебания системы с двумя степенями свободы. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы. Колебания в однородных цепочках.
- 25) Принципы дискретной фильтрации. Передаточная функция цифрового фильтра. Характеристики цифровых сигналов. Шумы квантования.
- 26) Теория планетарных волн, приливов и внутренних гравитационных волн.
- 27) Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений.
- 28) Основы теории распределенных систем. Свободные и вынужденные колебания распределенных систем. Распределенная автоколебательная система с эквидистантным спектром собственных частот.
- 29) Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргodicность. Измерение вероятностей и средних значений.
- 30) Принципы оптимальной линейной фильтрации сигнала на фоне помех. Передаточная функция оптимального фильтра. Импульсная характеристика согласованного фильтра.
- 31) Хаотические колебания в динамических системах. Понятие о хаотическом (странном) аттракторе.
- 32) Синтез цифровых фильтров. Общие замечания. Принцип обратной связи. Ослабление нелинейных искажений с помощью обратной связи.
- 33) Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений.
- 34) Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения.
- 35) Функция корреляции и ее свойства. Текущий спектр сигнала.

- 36) Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в магнитном поле; нормальные волны, их поляризация.
- 37) Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация.
- 38) Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния.
- 39) Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные колебательные системы.
- 40) Функция корреляции и ее свойства. Текущий спектр сигнала.
- 41) Кросс-модуляция и нелинейные эффекты при распространении радиоволн в ионосферной плазме.
- 42) Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания.
- 43) Обработка экспериментальной информации. Корреляционный анализ. Спектральный анализ. Регрессионный анализ.
- 44) Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация.
- 45) Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Э르고дичность. Измерение вероятностей и средних значений.
- 46) Устойчивость стационарных режимов автономных и неавтономных колебательных систем.
- 47) Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния.
- 48) Собственные и вынужденные колебания линейных распределенных систем. Собственные функции системы (моды). Разложение вынужденных колебаний по системе собственных функций.
- 49) Состав и строение атмосферы Земли. Высотное распределение состава, плотности, давления, влажности. Классификация различных областей атмосферы.
- 50) Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Волновой пакет в первом и втором приближении теории дисперсии. Фазовая и групповая скорости.
- 51) Свойства электромагнитных волн в анизотропных средах. Оптические кристаллы, уравнение Френеля, обыкновенная и необыкновенная волны.
- 52) Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний.
- 53) Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера—Планка.
- 54) Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы. Полосы пропускания и непрозрачности.
- 55) Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.
- 56) Метод вертикального радиозондирования (наземный и спутниковый варианты). наклонное зондирование. Возвратно-наклонное зондирование.

Оценивание обучающихся происходит с использованием нормативных оценок на экзамене – 5 –отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2 –неудовлетворительно.

Критерии оценивания результатов обучения

| Критерии | Шкала оценивания | | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | «отлично» | «хорошо» | «удовлетворительно» | «неудовлетворительно» |
| Владение специальной терминологией | Свободно владеет терминологией из различных разделов курса | Владеет терминологией, делая ошибки; при неверном употреблении сам может их исправить | Редко использует при ответе термины, подменяет одни понятия другими, не всегда понимая разницы | Не владеет терминологией |
| Глубина и полнота знания теоретических основ курса | Демонстрирует прекрасное знание предмета, соединяя при ответе знания из разных разделов, добавляя комментарии, пояснения, обоснования | Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, может провести анализ и т.д., но не всегда делает это самостоятельно без помощи экзаменатора | Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах экзаменатора | Не отвечает на конкретный вопрос. Не понимает сути вопроса. |
| Умение проиллюстрировать теоретический материал примерами | Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами | Может подобрать соответствующие примеры из имеющихся в учебных материалах | С трудом может соотнести теорию и практические примеры из учебных материалов; примеры не всегда правильные | Не соотносит теорию и практику, не приводит примеры |
| Дискурсивные умения | Демонстрирует различные формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Владеет аргументацией, грамотной, лаконичной, доступной и понятной речью. | Присутствуют некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Хорошая аргументация, четкость, лаконичность ответов. | С трудом применяются некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Слабая аргументация, нарушенная логика при ответе, однообразные формы изложения мыслей. | Не применяются некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Отсутствует аргументация, логика при ответе. |