

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Врио директора ИСЗФ СО РАН

чл.– корр. РАН \_\_\_\_\_ А.В. Медведев  
«12» марта 2024 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

### **2.1.3 Радиофизика**

**Научная специальность 1.3.4. Радиофизика**

Иркутск 2024

Рабочую программу разработал кандидат физико-математических наук	Ильин Н.В.
---	------------

## 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
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>36/1</b>
В том числе:	
Лекции	36/1
Семинары	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>36/1</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (кандидатский экзамен)</b>	<b>36/1</b>
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>36/1</b>
<b>Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)</b>	<b>108/3</b>

## **5. Содержание дисциплины (модуля)**

### **5.1. Содержание разделов и темы дисциплины (модуля)**

#### **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	Форма контроля
			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				36
<b>Итого (часы)</b>		<b>108</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>3</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>1</b>

## 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. Перечень и содержание 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 Ляпунова	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

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

1) Работа с конспектами лекций

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

2) Работа с литературой

Аспирант 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

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1	Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн. М.: ЛЕНАНД, 2009. – 496 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
2	Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. М.: Техносфера, 2006. - 336 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
3	Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука, 1999.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

### 6.2. Дополнительная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1	Девис К. Радиоволны в ионосфере. М.: МИР, 1973.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): 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 ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
3	Брюнелли В.Е., Кочкин Н.И. Метод некогерентного рассеяния радиоволн. Ленинград: Наука, 1979.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
4	Куницын В.Е., Терещенко Е.Д. Томография ионосферы. М., 1991.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
5	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 ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
6	Якубов В. П. Доплеровская сверхбольшебазовая интерферометрия. Томск, Изд-во «Водолей», 1997.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
7	Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов. М. «Связь», 1972.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
8	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 ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

9	Харгривс Дж. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Ленинград : Гидрометеиздат, 1982.	4 экз.
10	Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1990.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
11	Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
12	Zolesi B., Cander L.R. Ionospheric prediction and forecasting. Springer, 2014.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
13	Brekke A. Physics of the Upper Polar Atmosphere. 2th ed. Chichester: Springer Praxis, 2013.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

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

- Данные отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН (<http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>).
- NASA ADS ([http://adsabs.harvard.edu/ads\\_abstracts.html](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](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**

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

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

## **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. Эргодичность. 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. Эргодичность. 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
<b>Владение специальной терминологией</b>	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
<b>Глубина и полнота знания теоретических основ курса</b>	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 о 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.

<b>Умение проиллюстрировать теоретический материал примерами</b>	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
<b>Дискурсивные умения</b>	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.