

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

чл.-корр. РАН _____ А.В. Медведев
« 28 » марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

2.1.3 Радиофизика

Научная специальность 1.3.4. Радиофизика

Иркутск 2025

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
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 (модуля)

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины (модуля)

Раздел 1. Линейные системы, колебания, сигналы.

Темы: Линейные системы, колебания. Радиосигналы, спектры, 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 волны в однородных и неоднородных средах. Групповые и фазовые характеристики, дисперсионные свойства

Распространение сигнала в диспергирующей среде.

Простейшие физические модели диспергирующих сред.

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

Групповые и фазовые характеристики, дисперсионные свойства

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. Нестационарные системы. Нелинейные колебания и волны Излучение электромагнитных волн. Элементарный вибратор. Антенны.

Нестационарные системы, 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: Стохастические системы. Теория фильтрации, активные фильтры. Рассеяние и взаимодействие волн

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 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		8	
3	Генерация, усиление, излучение и управление сигналами	16	8		10	
4	Статистическая радиофизика	20	10		10	
5	Кандидатский экзамен	36				36
Итого (часы)		108	36		36	36
Итого (з.е.)		3	1		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.	Раздел 1. Линейные системы, колебания	лекция	4	устный опрос
2.	Раздел 1. Радиосигналы, спектры, свойства преобразований Фурье и Лапласа	лекция	4	устный опрос
3.	Раздел 2. Плоские волны в однородных и неоднородных средах	лекция	4	устный опрос
4.	Раздел 2. Групповые и фазовые характеристики, дисперсионные свойства	лекция	4	устный опрос
5.	Раздел 3. Нестационарные системы	лекция	2	устный опрос
6.	Раздел 3. Нелинейные колебания и волны	лекция	4	устный опрос
7.	Раздел 3. Излучение электромагнитных волн. Элементарный вибратор. Антенны.	лекция	4	устный опрос
8.	Раздел 4. Стохастические системы	лекция	2	устный опрос

9.	Раздел 4. Теория фильтрации, активные фильтры	лекция	4	устный опрос
10.	Раздел 4. Рассеяние и 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 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

Темы самостоятельной работы являются мелкими подтемами, параграфами основных тем, вынесенных в программу и самостоятельно в программе не фигурируют.

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., Павелъев 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

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1	Девис К. Радиоволны в ионосфере. М.: МИР, 1973.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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	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
6	Якубов В. П. Доплеровская сверхбольшебазовая интерферометрия. Томск, Изд-во «Водолей», 1997.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
7	Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов. М. «Связь», 1972.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
11	Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ

12	Zolesi B., Cander L.R. Ionospheric prediction and forecasting. Springer, 2014.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
13	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:

- Данные отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН (<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

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
- Сервер видеоконференцсвязи Jitsi Meet

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 окончанию 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
Владение специальной терминологией	Свободно владеет терминологией из различных разделов курса	Владеет терминологией, делая ошибки; при неверном употреблении и 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.