

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

2.1.5 Радиофизические методы мониторинга неоднородных сред

Научная специальность 1.3.4. Радиофизика

Иркутск 2025

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	Ойнац А.В.
---	------------

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

Дисциплина «Радиофизические методы мониторинга неоднородных сред» 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 «Радиофизические методы мониторинга неоднородных сред» 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 «Радиофизические методы мониторинга неоднородных сред» является:

- изучение аспирантами современных методов решения задач дистанционного зондирования окружающей среды;
- развитие у аспирантов навыков построения математических моделей распространения волн в различных неоднородных средах;
- знакомство аспирантов с классическими прямыми и обратными задачами распространения скалярных и векторных волн в неоднородной среде;
- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в сфере радиофизики;
- знакомство с новыми теориями и моделями;
- математическое моделирование процессов и объектов;
- обработка полученных результатов на современном уровне и их анализ.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Знать:

- основные научные подходы к исследуемому материалу;
- общеупотребительные фразеологические сочетания и термины, в том числе на иностранном языке, характерные для устной и письменной речи в ситуациях делового общения, связанных с научной работой и специальностью;
- глубоко знать основные этапы развития того раздела науки, к которому принадлежит выбранная специальность;
- основные методы ведения научно-исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий с учетом специфики направления подготовки;
- теоретические основы распространения электромагнитных волн;
- явления при распространении электромагнитных волн в различных средах;
- современные методы решения прямых и обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды электромагнитными сигналами радиодиапазона;
- теоретические основы методов радиозондирования неоднородных сред;
- принципы планирования и проведения экспериментов.

Уметь:

- формулировать, излагать и аргументированно отстаивать собственное видение рассматриваемых проблем;

- сообщать информацию в виде монологического высказывания по научной работе и по специальности;
- анализировать многообразие форм человеческого знания, соотношение истины и заблуждения, знания и веры, рационального и иррационального в человеческой жизнедеятельности, особенностях функционирования знания в современном обществе, духовных ценностях, их значении в творчестве и повседневной жизни;
- самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области;
- осуществлять информационный поиск в различных информационно-поисковых системах традиционным (ручным), так и автоматизированным (электронным) способом;
- анализировать научно-техническую информацию и обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиофизики;
- проводить физическую интерпретацию данных радиозондирования, полученных в конкретных радиофизических экспериментах;
- применять стандартные методы для восстановления параметров неоднородной среды по характеристикам зондирующего радиосигнала;
- предсказывать возможные радиофизические эффекты неоднородностей среды в каналах передачи информации;
- проводить эксперименты.

Владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования;
- навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- навыком составления сообщения или доклада по темам проводимого исследования;
- умениями формулировать, излагать и аргументированно отстаивать собственное видение рассматриваемых проблем;
- методами исследования и информационно-коммуникационных технологий с учетом специфики направления подготовки;
- основами радиофизического метода анализа структуры и свойств различных сред, методологией выбора математических методов анализа, иметь навыки их применения при проведении зондирования окружающей среды;
- основными навыками работы на радиофизических инструментах, обеспечивающих сбор необходимой информации и непосредственно связанных с научной работой и специальностью;
- навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля–атмосфера;
- основными навыками работы с современными приборами и уникальными научными установками.

4. Объем дисциплины (модуля) 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)	72/2
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет
Контактная работа (всего)	36/1
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	108/3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Введение.

- 1.1. Обзор методов мониторинга естественных неоднородных сред.
- 1.2. Прямые и обратные задачи дистанционного зондирования.
- 1.3. Особенности распространения электромагнитных волн различных частотных диапазонов.

Раздел 2. Методы радиозондирования нижней атмосферы (тропосферы).

- 2.1. Определения показателя преломления тропосферы по средним характеристикам радиосигнала.
- 2.2. Восстановление тропосферной турбулентности по статистическим характеристикам рассеянного радиосигнала.

Раздел 3. Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с поверхности Земли.

- 3.1. Методы зондирования ионосферной плазмы радиосигналами декаметрового диапазона: вертикальное, наклонное и возвратно-наклонное зондирование.
- 3.2. Метеорное рассеяние и отражение радиоволн.
- 3.3. Метод частичных отражений.
- 3.4. Метод некогерентного рассеяния (основные принципы и измеряемые параметры ионосферной плазмы).
- 3.5. Диагностика ионосферы на основе явления вращения плоскости поляризации (эффект Фарадея).
- 3.6. Метод обратного транзионосферного зондирования околоземной плазмы.
- 3.7. Методы диагностики и контроля электромагнитного фона околоземного пространства в низкочастотном и высокочастотном радиодиапазонах.

Раздел 4. Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с космических аппаратов.

- 4.1. Метод внешнего зондирования ионосферы.
- 4.2. Метод прямого транзионосферного зондирования околоземной плазмы.
- 4.3. Метод радиомерцаний в исследованиях ионосферных неоднородностей.
- 4.4. Спутниковая томография ионосферы (лучевая, дифракционная и статистическая).
- 4.5. Радиозатменный метод.
- 4.6. Мониторинг ионосферы при помощи ГНСС.

Раздел 5. Методы радиомониторинга космической плазмы.

- 5.1. Особенности радиозондирования околосолнечной и межпланетной среды когерентными сигналами с космических аппаратов.
- 5.2. Методы диагностики неоднородной структуры космической плазмы по характеристикам радиоизлучения пульсаров и квазаров.
- 5.3. Методы радиометрического и радиолокационного исследования атмосферы и поверхности планет.
- 5.4. Гравитационное линзирование электромагнитных волн.

Раздел 6. Подповерхностное радиозондирование.

- 6.1. Возможности подповерхностного радара для восстановления неоднородностей земной коры и коры других планет.

Раздел 7. Методы контроля гео- и гелиофизической обстановки по данным оптических и радиоизмерений характеристик космических лучей.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия		СРС	Форма контроля
			Лекции	Практические занятия		
1	Введение	12	4		8	зачет
2	Методы радиозондирования нижней атмосферы (тропосферы)	12	4		8	зачет
3	Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с поверхности Земли	24	8		16	зачет
4	Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с космических аппаратов	24	8		16	зачет
5	Методы радиомониторинга космической плазмы	12	4		8	зачет
6	Подповерхностное радиозондирование	12	4		8	зачет
7	Методы контроля гео- и гелиофизической обстановки по данным оптических и радиоизмерений характеристик космических лучей	12	4		8	зачет
Итого (часы)		108	36		72	
Итого (з.е.)		3	1		2	

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.1-7

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Введение	лекция	4	устный опрос
2.	Методы радиозондирования нижней атмосферы (тропосферы)	лекция	4	устный опрос
3.	Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с поверхности Земли	лекция	8	устный опрос
4.	Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с космических аппаратов	лекция	8	устный опрос
5.	Методы радиомониторинга космической плазмы	лекция	4	устный опрос
6.	Подповерхностное радиозондирование	лекция	4	устный опрос
7.	Методы контроля гео- и гелиофизической обстановки по данным оптических и радиоизмерений характеристик космических лучей	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	1.1-1.3	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Основная литература (2, 4), дополнительная (7, 12)	8

2	2.1- 2.2	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Основная литература (1), дополнительная (7)	8
3	3.1- 3.7	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Основная литература (1, 5), дополнительная (1, 2, 3, 7, 12)	16
4	4.1- 4.6	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Основная литература (1, 3), дополнительная (2, 4, 12)	16
5	5.1- 5.4	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Основная литература (1), дополнительная (2, 9)	8
6	6.1	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Основная литература (5), дополнительная (11)	8
7	7	Чтение литературы Конспектирование Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	Дополнительная (2, 6, 9)	8

*Примерный список тем для составления сообщения или доклада:

1. Возможности декаметровых радаров для мониторинга высокоширотной ионосферы (SuperDARN).
2. Обнаружение и контроль космического «мусора» радиофизическими методами.
3. Методы радиомониторинга астероидной опасности.
4. Спутниковый контроль магнитосферных возмущений.
5. Использование данных ОНЧ-КНЧ приемников в исследованиях магнитосферы Земли.
6. Использование данных КВ риометров в исследованиях ионосферы Земли.
7. Результаты исследований собственного свечения атмосферы Земли с помощью камер всего неба.
8. Результаты радиолокационного исследования планет Солнечной системы.
9. Результаты исследования характеристик космических лучей по данным радиоизмерений.
10. Эксперименты исследований земной коры по данным подповерхностного зондирования.

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, составляет сообщение или доклад.

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 (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	Афраймович Э.Л., Перевалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
4	Киселев В.Н., Кузнецов А.Д. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы). Учебник. – СПб., изд. РГГМУ, 2004. – 429 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
5	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

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

- Архив наблюдений радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (<http://badary.iszf.irk.ru/>)
- NASA ADS (http://adsabs.harvard.edu/ads_abstracts.html).
- Данные отдела физики околоземного космического пространства (<http://dep1.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

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование аспирантами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;
- составление сообщения, доклада.

При необходимости, в процессе работы над заданием, аспирант может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

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:

- основные научные подходы к исследуемому материалу;
- общеупотребительные фразеологические сочетания и термины, в том числе на иностранном языке, характерные для устной и письменной речи в ситуациях делового общения, связанных с научной работой и специальностью;
- глубоко знать основные этапы развития того раздела науки, к которому принадлежит выбранная специальность;
- основные методы ведения научно-исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области с использованием современных

методов исследования и информационно-коммуникационных технологий с учетом специфики направления подготовки;

- теоретические основы распространения электромагнитных волн;
- явления при распространении электромагнитных волн в различных средах;
- современные методы решения прямых и обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды электромагнитными сигналами радиодиапазона;
- теоретические основы методов радиозондирования неоднородных сред;
- принципы планирования и проведения экспериментов.

Уметь:

- формулировать, излагать и аргументированно отстаивать собственное видение рассматриваемых проблем;
- сообщать информацию в виде монологического высказывания по научной работе и по специальности;
- анализировать многообразие форм человеческого знания, соотношение истины и заблуждения, знания и веры, рационального и иррационального в человеческой жизнедеятельности, особенностях функционирования знания в современном обществе, духовных ценностях, их значении в творчестве и повседневной жизни;
- самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области;
- осуществлять информационный поиск в различных информационно-поисковых системах традиционным (ручным), так и автоматизированным (электронным) способом;
- анализировать научно-техническую информацию и обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиофизики;
- проводить физическую интерпретацию данных радиозондирования, полученных в конкретных радиофизических экспериментах;
- применять стандартные методы для восстановления параметров неоднородной среды по характеристикам зондирующего радиосигнала;
- предсказывать возможные радиофизические эффекты неоднородностей среды в каналах передачи информации;
- проводить эксперименты.

Владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования;
- навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- навыком составления сообщения или доклада по темам проводимого исследования;
- умениями формулировать, излагать и аргументированно отстаивать собственное видение рассматриваемых проблем;
- методами исследования и информационно-коммуникационных технологий с учетом специфики направления подготовки;
- основами радиофизического метода анализа структуры и свойств различных сред, методологией выбора математических методов анализа, иметь навыки их применения при проведении зондирования окружающей среды;
- основными навыками работы на радиофизических инструментах, обеспечивающих сбор необходимой информации и непосредственно связанных с научной работой и специальностью;
- навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля–атмосфера;
- основными навыками работы с современными приборами и уникальными научными установками.

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 (см. список вопросов к зачету), письменные работы (написание реферата) и собеседование (подготовка доклада).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Объектами оценивания выступают:

- Учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- Степень усвоения теоретических знаний.

Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Раздел/Тема	ОС	Содержание задания
Разделы 1-7	собеседование	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. Подготовить сообщение/доклад по выбранной теме, сделать презентацию, ответить на вопросы

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется по окончанию дисциплины, в виде **зачета** в соответствии с графиком учебного процесса. Проверка наличия конспектов по дисциплине является допуском к зачету. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий), аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Вопросы для зачета

1. Классификация методов мониторинга естественных сред
2. Задачи дистанционного радиозондирования неоднородных сред.
3. Особенности распространения электромагнитных волн различных частотных диапазонов в естественных неоднородных средах.
4. Методы радиозондирования нижней атмосферы (тропосферы) Земли.
5. Методы восстановления параметров турбулентности тропосферы Земли.
6. Методы зондирования ионосферной плазмы радиосигналами декаметрового диапазона с поверхности Земли.
7. Метод вертикального зондирования ионосферы
8. Метод наклонного зондирования ионосферы
9. Метод возвратно-наклонного зондирования ионосферы
10. Метеорное рассеяние и отражение радиоволн.
11. Метод частичных отражений.
12. Метод некогерентного рассеяния (основные принципы и измеряемые параметры ионосферной плазмы).
13. Диагностика ионосферы на основе явления вращения плоскости поляризации (эффект Фарадея).
14. Метод обратного трансionoсферного зондирования околоземной плазмы.
15. Измерение поглощения космического шума с помощью риометров.
16. Измерение естественного излучения в ОНЧ-КНЧ диапазонах.
17. Метод внешнего зондирования ионосферы с борта космических аппаратов.
18. Метод прямого трансionoсферного зондирования околоземной плазмы.

19. Метод радиомерцаний в исследованиях ионосферных неоднородностей.
20. Спутниковая томография ионосферы (лучевая, дифракционная и статистическая).
21. Радиозатменный метод.
22. Мониторинг ионосферы при помощи ГНСС.
23. Радиозондирование околосолнечной и межпланетной среды когерентными сигналами с космических аппаратов.
24. Методы диагностики неоднородной структуры космической плазмы по характеристикам радиоизлучения пульсаров и квазаров.
25. Методы радиометрического и радиолокационного исследования атмосферы и поверхности планет.
26. Гравитационное линзирование электромагнитных волн.
27. Возможности подповерхностного зондирования для восстановления неоднородной структуры земной коры
28. Особенности подповерхностного радиозондирования спутников и планет Солнечной системы.
29. Классификация, происхождение космических лучей и основные методы их исследования
30. Мониторинг солнечных энергичных частиц с целью раннего предупреждения о гео-эффективных выбросах корональных масс

Типовые задания для зачета

1. Выделить основные явления, сопутствующие распространению электромагнитных волн УКВ диапазона в тропосфере Земли.
2. Оценить в рамках геометрической оптики радиус кривизны радиолуча и угол рефракции в тропосфере при заданном высотном профиле коэффициента преломления.
3. Оценить в рамках геометрической оптики запаздывание и доплеровский сдвиг частоты радиоволны при заданных параметрах среды при распространении радиоволн в тропосфере.
4. Показать, как рефракционное ослабление и производная угла рефракции зависит от прицельного расстояния.
5. Показать, как частота радиоволны связана с углом рефракции в тропосфере.
6. Провести интерпретацию ионограммы ВЗ и определить основные параметры ионосферных слоев.
7. Провести интерпретацию ионограммы НЗ (ВНЗ) и определить условия радиосвязи на заданной радиотрассе.
8. Оценить электронную концентрацию и температуру электронов по заданной мощности и ширине спектра принимаемого сигнала некогерентного рассеяния
9. Провести качественную интерпретацию ионограммы трансionoсферного зондирования (ТИЗ).

Провести качественную интерпретацию ионограммы при внешнем радиозондировании ионосферы и обратном трансionoсферном зондировании (ОТИЗ).

Оценивание обучающихся происходит с использованием нормативных оценок на зачете – зачтено (не зачтено).

Критерии оценки

Оценка	Требования
Зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует уверенное знание содержания тем дисциплины, владеет основными понятиями Информирован и способен делать анализ проблем и намечать путь их решения.

Не зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области методов радиозондирования. Не информирован или слабо разбирается в разделах данной дисциплины.
------------	---