

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  
« 15 » мая 2023 г.

### **Рабочая программа дисциплины**

#### **Д.4 Радиофизические методы мониторинга неоднородных сред**

#### **Научная специальность 1.3.4. Радиофизика**

Иркутск 2023

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
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	36/1
В том числе:	
Лекции	<b>36/1</b>
Семинары	
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>72/2</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет
<b>Контактная работа</b> (всего)	36/1
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<b>108/3</b>

### **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	Опрос, обсуждение
2	Методы радиозондирования нижней атмосферы (тропосферы)	12	4		8	Опрос, обсуждение
3	Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с поверхности Земли	24	8		16	Опрос, обсуждение
4	Методы радиозондирования верхней атмосферы (ионосферы) с космических аппаратов	24	8		16	Опрос, обсуждение
5	Методы радиомониторинга космической плазмы	12	4		8	Опрос, обсуждение
6	Подповерхностное радиозондирование	12	4		8	Опрос, обсуждение
7	Методы контроля гео- и гелиофизической обстановки по данным оптических и радиоизмерений характеристик космических лучей	12	4		8	Опрос, обсуждение
<b>Итого (часы)</b>		108	36		72	
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>3</b>	<b>1</b>		<b>2</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.1-7

#### 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	Основная литература (1), дополнительная	8



		Работа с конспектом лекций Составление сообщения или доклада*	(7)	
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 ( <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	Афраймович Э.Л., Перевалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
4	Киселев В.Н., Кузнецов А.Д. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы). Учебник. – СПб., изд. РГГМУ, 2004. – 429 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
5	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 сверхбольшезазорная 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

### 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](http://adsabs.harvard.edu/ads_abstracts.html)).
- Данные отдела физики околоземного космического пространства

[\(http://dep1.iszf.irk.ru/\)](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](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**

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 окончании 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.