

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

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИСЗФ СО РАН
А.П. Потехин А.П. Потехин
« 28 » августа 2014 г.



Рабочая программа учебной дисциплины

Распространение радиоволн в неоднородных средах

Направление подготовки

03.06.01 «Физика и астрономия»

Направленность (профиль)

Радиофизика

Квалификация (степень)

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная, заочная

Иркутск 2014

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения.....	3
II. Характеристика рабочей программы.....	3
2.1. Вид деятельности.....	3
2.2. Задачи деятельности.....	4
2.3. Перечень компетенций.....	4
2.4. Перечень умений и знаний.....	5
III. Цель и задачи освоения программы дисциплины.....	5
3.1. Цель.....	5
3.2. Задачи.....	5
IV. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.....	6
V. Основная структура дисциплины.....	7
VI. Содержание дисциплины.....	7
6.1. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем дисциплины	7
6.2. Тематика заданий для самостоятельной работы	10
VII. Применяемые образовательные технологии.....	10
VIII. Методы и технологии контроля уровня подготовки по дисциплине....	11
8.1. Виды контрольных мероприятий, применяемых контрольноизмерительных технологий и средств	11
8.2. Критерии оценки уровня освоения учебной программы (рейтинг).....	11
8.3. Фонд оценочных средств для итоговой аттестации по дисциплине	11
IX. Рекомендуемое информационное обеспечение дисциплины.....	12
9.1. Основная учебная литература.....	12
9.2. Дополнительная учебная и справочная литература.....	14
9.3. Ресурсы сети Интернет.....	14
9.4. Рекомендуемые специализированные программные средства.....	14
9.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	15

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа составлена в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.11.2013 г. № 1250 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» и на основании письма Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.06.2011 г. «О формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования» на основе программы, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации по физике при участии ИЗМИРАН и ИСЗФ СО РАН.

Рабочая программа «Распространение радиоволн в неоднородных средах» входит в состав рабочих программ учебных дисциплин по профилю «Радиофизика» и представлена на сайте ИСЗФ СО РАН в разделе «Аспирантура» в открытом доступе для аспирантов и сотрудников Института.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Вид деятельности

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательской деятельности аспиранта. Область профессиональной деятельности включает: совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности в области науки, направленных на решение радиофизических задач.

2.2. Задачи деятельности

Задачами профессиональной деятельности аспиранта является теоретическая подготовка аспирантов к решению научных задач; изучение процессов в ионосфере; изучение радиофизических методов мониторинга неоднородных сред.

2.3. Перечень компетенций

Освоение программы настоящей дисциплины позволит сформировать у обучающегося следующие компетенции:

приобретение новых знаний и умений в теоретических и методических вопросах радиофизики, знакомство с самыми современными их технологиями;

самостоятельное принятие решения в рамках своей профессиональной компетенции, готовность работать над междисциплинарными проектами способностью находить, анализировать и перерабатывать информацию, используя современные информационные средства, включая геоинформационные технологии;

способность применять знания о современных методах радиофизических исследований;

способность планировать и проводить радиофизические научные исследования, оценивать их результаты;

способность профессионально эксплуатировать современное радиофизическое оборудование, оргтехнику и средства измерения; способностью выбирать методы их применения;

способность решать прямые и обратные (некорректные) задачи радиофизики на высоком уровне фундаментальной подготовки по теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания геофизических процессов.

2.4. Перечень умений и знаний

В процессе изучения курса «Распространение радиоволн в неоднородных средах» аспирант должен приобрести знания и умения, необходимые для его дальнейшего профессионального становления, а именно:

Знать:

современные методы решения обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды электромагнитными сигналами радиодиапазона.

Владеть:

умением работать на радиофизических инструментах, обеспечивающих сбор необходимой информации;

составлением научных отчетов по проведенным исследованиям и написанию статей.

Уметь:

применять необходимые методы для восстановления параметров неоднородной структуры среды по характеристикам зондирующего сигнала и предсказывать возможные радиофизические эффекты неоднородностей среды в каналах передачи информации.

III. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Цель

Целью курса «Распространение радиоволн в неоднородных средах» является получение фундаментальных знаний и возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении учебных практик, написания научных работ, в своей научной деятельности.

3.2. Задачи

Задачей курса «Распространение радиоволн в неоднородных средах» является:

изучение аспирантами современных методов решения задач дистанционного зондирования окружающей среды;

развитие у аспирантов навыков построения радиофизических моделей различных неоднородных сред;

приобретение аспирантами практического опыта по использованию универсального радиофизического метода для решения обратных задач в различных разделах физики;

сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в сфере радиофизики;

подготовка научно-технических отчётов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований;

освоение новых теорий и моделей;

математическое моделирование процессов и объектов;

проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований;

обработка полученных результатов на современном уровне и их анализ.

IV. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Курс входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины (модули» основной образовательной программы по профилю подготовки «Радиофизика» направления подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Для изучения дисциплины, необходимы знания и умения из дисциплин: «Математика», «Физика», «Теория поля», «Информатика».

Знания и умения, приобретаемые аспирантами после изучения дисциплины, будут использоваться для решения научных задач на этапе обработки полученного гелиофизического материала.

V. ОСНОВНАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Структура дисциплины

№ п/п	Наименование тем	Всего часов	Лекции	Практика	Самостоятельная работа
1	Распространение волн в однородной среде	8	1	–	15
2	Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	20	4	–	15
3	Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	20	4	–	15
4	Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	20		–	15
5	Метод плавных возмущений	20	4	–	17
6	Квазиоптические методы в плоскостойких средах. Обобщения геометрооптического приближения в задачах распространения волн в неоднородных средах	20	3	–	15
Итого:		108	16	–	92

VI. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем дисциплины

Тема 1. Распространение волн в однородной среде.

Уравнения Максвелла. Спектр сигнала. Параметры среды распространения. Волновое уравнение. Потенциалы. Уравнение Гельмгольца. Функция Грина. Плоские волны. Сферическая волна и ее интегральные представления. Метод стационарной фазы. Поле элементарного диполя. Использование функции Грина. Радиосигнал в однородной среде. Энергетические соотношения. Модификации постановки задачи распространения волн в неоднородных средах.

Тема 2. Однократное рассеяние волн в неоднородных средах.

Борновское приближение в волновой задаче. Однократно рассеянное поле в дальней зоне. Примеры однократного рассеяния. Рассеяние на вытянутой неоднородности. Рассеяние на метеорном следе. Рассеяние на сплюснутой неоднородности. Рассеяние в случайно неоднородной среде.

Тема 3. Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах.

Слоистые среды. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ). Нормальное падение плоской волны на плоскостойкую среду. Наклонное падение плоской волны на плоский слой. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики. Решение уравнения эйконала методом характеристик. Лучевые уравнения. Амплитуда волны. Многолучевость и каустики. Радиосигнал в неоднородной среде. Методы решения лучевых задач. Лучи в плоскостойких средах. Линейный безграничный слой. Кусочно-линейный профиль. Параболический (бесконечный) слой. Параболический слой конечной ширины. Волноводное распространение. Теория возмущений в геометрооптических задачах. Решение уравнения эйконала методом возмущений. Метод возмущений в траекторных задачах. Метод усреднения в волноводных лучевых задачах. Метод пограничных функций для квазикритических лучей.

Тема 4. Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде.

Средние характеристики геометрооптической волны в случайно неоднородной среде. Применение приближения геометрической оптики для исследования влияния ионосферных неоднородностей на точность двухчастотных систем глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Формулы первого приближения для ГНСС, двухчастотные ГНСС. Формулы второго приближения, ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС. Статистические характеристики ионосферных

остаточных ошибки двухчастотных ГНСС. Устранение ионосферных остаточных ошибок вплоть до третьего порядка в трех частотных ГНСС.

Тема 5. Метод плавных возмущений.

Решение параболического уравнения методом плавных возмущений. Анализ решения и его связи с результатами геометрооптического приближения и теории однократного рассеяния. Статистические характеристики волны в режиме слабых флуктуации интенсивности. Волновые уравнения для магнитоионных компонент ионосферной радиоволны в высокочастотном (квазипродольном) приближении. Второе приближение метода плавных возмущений. Ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС с учетом дифракционных эффектов. Возможности многочастотных ГНСС в устранении ионосферных ошибок.

Тема 6. Квазиоптические методы в плоскостойких средах. Обобщения геометрооптического приближения в задачах распространения волн в неоднородных средах.

Интегральное представление для поля точечного источника в плоскостойкой среде. Интегральное представление для поля точечного источника в плоскостойкой среде с кусочно-однородным профилем. Анализ решения, отраженная волна, боковая, поверхностная и вытекающая волны. Интегральное представление для поля точечного источника в плоскостойкой среде с плавно-неоднородным профилем. Линейный слой. Переходные слои. Параболический слой. Использование ВКБ решений одномерной задачи и асимптотических методов интегрирования; поле на каустике. Метод нормальных волн.

Метод интерференционного интеграла и метод Маслова (метод канонического оператора). Поле в случайно-неоднородной среде с фоновой неоднородностью. Статистические характеристики поля волны в окрестности фоновой каустики. Ограничения метода интерференционного интеграла и метода Маслова. Применение метода двухмасштабных разложений и

сочетания метода интерференционного интеграла и метода Маслова для получения интегральных представлений для моментов (двухточечных пропагаторов) полей в неоднородных средах в малоугловом приближении. Применение двойного взвешенного преобразования Фурье при решении параболического уравнения. Выход за рамки малоуглового приближения с помощью метода пятого параметра. Связь полученного решения с геометрооптическим приближением, с борновским приближением (включая рассеяние назад), с методом фазового экрана. Дифракционная томография для случаев сильного фазового контраста. Устранение амплитудных флуктуации.

6.2. Тематика заданий для самостоятельной работы

Обнаружение и контроль космического «мусора» радиофизическими методами.

Возможности управления космической погодой радиофизическими средствами.

Методы радиомониторинга астероидной опасности.

Спутниковый контроль магнитосферных возмущений

Возможности декаметровых радаров для мониторинга высокоширотной ионосферы.

VII. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации данной программы применяются образовательные технологии, описанные в Таблице 2.

Таблица 2 - Применяемые образовательные технологии

Технологии	Виды занятий		
	Лекции	Практ.з.	СРС
Слайд-материалы	+	-	-
Работа в команде	-	-	-
Исследовательский метод	+	-	+

Другие методы	-	-	-
---------------	---	---	---

VIII. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Виды контрольных мероприятий, применяемых контрольноизмерительных технологий и средств

- Проверка наличия конспектов лекций по дисциплине.
- Экзамен по дисциплине.

8.2. Критерии оценки уровня освоения учебной программы (рейтинг)

Критериями оценки освоения программы являются:

1. Наличие конспектов лекций по дисциплине (наличие предоставляет допуск к экзамену).
2. Сдача экзамена по дисциплине.

8.3. Фонд оценочных средств для итоговой аттестации по дисциплине

Вопросы для проведения экзамена:

Борновское приближение в волновой задаче.

Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ).

Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.

Многолучевость и каустики.

Радиосигнал в неоднородной среде.

Теория возмущений в геометрооптических задачах.

Средние характеристики геометрооптической волны в случайно неоднородной среде.

Статистические характеристики ионосферных остаточных ошибки двухчастотных ГНС С.

Решение параболического уравнения методом плавных возмущений.

Статистические характеристики волны в режиме слабых флуктуации интенсивности.

Второе приближение метода плавных возмущений.

Ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС с учетом дифракционных эффектов.

Интегральное представление для поля точечного источника в плоскослоистой среде.

Отраженная волна, боковая, поверхностная и вытекающая волны.

Метод нормальных волн.

Метод интерференционного интеграла.

Метод Маслова (метод канонического оператора).

Применение двойного взвешенного преобразования Фурье при решении параболического уравнения.

Дифракционная томография для случаев сильного фазового контраста.

Устранение амплитудных флуктуации.

IX. РЕКОМЕНДУЕМОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Основная учебная литература

Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. – М.: Физматлит, 2001.

Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1990.

Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Основы теории колебаний и волн. М.: Наука, 1987.

Моисеев Н.Н. Асимптотические методы нелинейной механики. М.: Наука, 1981.

Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981.

- Цейтлин Н. М. Антенная техника и радиоастрономия. М.: Радио и связь, 1976.
- Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
- Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.
- Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981.
- Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. М.: Наука, 1988.
- Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. М.: Наука, 1988.
- Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974.
- Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1: Случайные процессы. М.: Наука, 1976.
- Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 2: Случайные поля. М.: Наука, 1978.
- Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д. Синтез излучающих систем. М.: Радио и связь, 1974.
- Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах. М.: Мир, 1986.
- Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989.
- Ландау Л. В., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. Т. V, Ч. 1. М.: Наука, 1999.
- Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука, 1999.

9.2. Дополнительная учебная и справочная литература

Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М.: Наука, 1980.

Фельсен Л., Маркувиц Н. Излучение и рассеяние волн. 1 и 2 том. - М.: Мир, 1978.

Рытов СМ., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 2. Случайные поля. - М.: Наука, 1978.

Бабич В.М., Булдырев В.С. Асимптотические методы в задачах дифракции коротких волн. - М.: Наука, 1972.

Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев О.Г. Распространение радиоволн. - М.: ЛЕНАНД, 2009.

Татарский В.И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. М.: Наука, 1967

9.3. Ресурсы сети Интернет

Ресурсами по рабочей программе являются:

научная библиотека eLIBRARY.RU, более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса;

информационная система доступа к российским журналам и обзорам ВИНТИ РАН (<http://vinitit.ru>);

хранилище электронных копий всех издаваемых компанией Springer журналов <http://www.springerlink.com/>;

научная библиотека ИСЗФ СО РАН.

9.4. Рекомендуемые специализированные программные средства

Наряду стандартных офисных программ (MSExcel), расчеты производятся в программе математико-статистического моделирования IDL.

9.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Мультимедийное оборудование.
- Компьютеры отдела 1.00 ИСЗФ СО РАН.

Составители:

старший научный сотрудник, к. ф.-м. н.



В.И. Поляков

ученый секретарь, к.ф.-м.н.



И.И. Салахутдинова

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.



В.И. Куркин

вед.н.с., к.ф.-м.н.



Н.В. Ильин

Одобрено Ученым советом ИСЗФ СО РАН (Протокол № 9 от 27 августа 2014 г.).