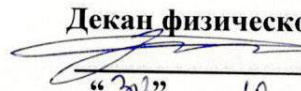




Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Иркутский государственный университет»  
(ФГБОУ ВПО «ИГУ»)  
Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
 /Буднев Н.М.  
«20» 10 2014 г.

### Рабочая программа дисциплины

Индекс дисциплины по УП : Б1.В.ДВ.2.1

Наименование дисциплины: Специальные вопросы космической радиофизики


Направление подготовки кадров высшей квалификации (программа аспирантуры):

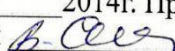
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры): Радиофизика

Форма обучения: **очная**

Согласовано с УМК физического факультета  
протокол № 7  
от «28» 09 2014 г.

Зам.председателя УМК  /Чумак В.В./

Программа рассмотрена на заседании кафедры  
радиофизики и радиоэлектроники  
«27» 09 2014г. Протокол №  
Зав.кафедрой  /Сажин В.И./

Иркутск 2014 г.

## Содержание

1. Цели и задачи дисциплины .....	3
2. Место дисциплины в структуре ООП .....	3
<b>3. Требования к результатам освоения дисциплины .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Объем дисциплины и виды учебной работы .....</b>	<b>4</b>
<b>5. Содержание дисциплины .....</b>	<b>5</b>
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины .....	5
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами .....	6
5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий. ....	6
<b>6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ</b>	<b>6</b>
<b>7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....</b>	<b>8</b>
<b>8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины ....</b>	<b>8</b>
а) <i>основная литература</i> .....	8
б) <i>дополнительная литература</i> .....	8
в) <i>программное обеспечение</i> .....	9
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	9
<b>9. Материально-техническое обеспечение дисциплин .....</b>	<b>9</b>
<b>10. Образовательные технологии .....</b>	<b>9</b>
<b>11. Оценочные средства (ОС) .....</b>	<b>9</b>

## 1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Специальные вопросы космической радиофизики» посвящена изучению особенностей распространения радиоволн различных диапазонов в неоднородной космической плазме и освоению методов дистанционной диагностики плазменной среды по данным радиофизических наблюдений.

**Цель курса** – дать аспирантам современные представления об эффектах воздействия плазменных неоднородностей на процессы распространения и рассеяния радиоволн в ионосфере, солнечной короне, межпланетной и межзвездной плазме; познакомить с методами решения задач дистанционной радиодиагностики космической плазмы; рассмотреть актуальные проблемы, существующие в данной области радиофизики.

### Задачи курса

- дать аспирантам современные представления о радиофизических моделях неоднородной структуры ионосферы, солнечной короны, межпланетной и межзвездной плазмы.
- научить аспирантов проводить расчеты радиофизических эффектов неоднородностей космической плазмы при распространении и рассеянии радиоволн различных диапазонов.
- сформировать у аспирантов умение и навыки оценки параметров плазменных неоднородностей по характеристикам сигналов дистанционного радиозондирования.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Специальные вопросы космической радиофизики» входит в вариативную часть ООП.

Изучение курса предполагает наличие основных знаний по дисциплинам бакалавриата «Распространение электромагнитных волн», «Статистическая радиофизика», «Распространение радиоволн», «Радиофизический мониторинг», дисциплины магистратуры «Космическая радиофизика».

Полученные в процессе изучения курса знания и навыки могут быть использованы во время подготовки разделов диссертации, связанных с теоретическими исследованиями, математическим моделированием, интерпретацией экспериментальных данных, а также в дальнейшей профессиональной работе.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональные компетенции (ОПК): ОПК-1, ОПК-2.

Профессиональные компетенции (ПК): ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Универсальные компетенции (УК): УК-1, УК-2, УК-3, УК-4, УК-5.

ОПК-1 – способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ОПК-2 – готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

ПК-1 - способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и

информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.

ПК-2. - владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

ПК-3 – владение новыми методами и методологическими подходами необходимыми для участия в научно- инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.

УК-1. - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений , генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2. - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии.

УК-3. - готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

УК-4. - готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках.

УК-5. - способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**Знать:** основные положения теории распространения и рассеяния радиоволн различных диапазонов в неоднородной космической плазме; основные методы решения задач дистанционной радиодиагностики плазменных неоднородностей.

**Уметь:** Использовать теорию для предсказания вариаций характеристик распространения радиосигналов на дальних космических трассах и при проектировании современных радиосистем для мониторинга состояния космической плазмы;

**Владеть:** навыками постановки и решения прямых и обратных задач распространения и рассеяния радиоволн в неоднородной плазме ближнего и дальнего космоса.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		3	-	-	-
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	48/1,4	48/1,4	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	24/0,7	24/0,7	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	24/0,7	24/0,7	-	-	-
Семинары (С)	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа(всего)</b>	60/1,6	60/1,6	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-

Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Реферат (при наличии)	-	-	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	60/1,6	60/1,6	-	-	-
Вид промежуточной аттестации: нет	-	-	-	-	-
Вид итоговой аттестации: зачет	-	-	-	-	-
Общая трудоемкость: часы	108	108	-	-	-
зачетные единицы	3	3	-	-	-

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Принципы построения радиофизических моделей неоднородной структуры космической плазмы.

Тема 2. Современные представления о неоднородной структуре плазмы космического пространства (ионосферы, солнечной короны, межпланетной и межзвездной среды) по данным радиофизических наблюдений.

Тема 3. Особенности влияния неоднородностей диэлектрической проницаемости околоземной и космической плазмы на распространение и рассеяние радиоволн.

3.1 Возможности и ограничения лучевого приближения для расчета воздействий плазменных неоднородностей на формирование пространственно-временной структуры электромагнитного поля.

3.2 Имитационное моделирование рассеяния радиоволн в случайно-неоднородной плазме.

3.3 Особенности волновых катастроф в неоднородном Космосе. Методы расчета волнового поля в присутствии регулярных и случайных каустик.

3.4 Комбинированные методы расчета волнового поля с учетом рассеяния радиоволн в космической плазме и на шероховатых поверхностях небесных тел. Планетарные радары.

3.6 Особенности распространения и рассеяния радиоволн различных диапазонов в околоземной и космической плазме.

3.7 Распространение и рассеяние радиоволн в возмущенных условиях. Фокусировка радиоизлучений дискретных источников на крупномасштабных плазменных неоднородностях. Влияние солнечных вспышек и корональных выбросов массы на распространение и рассеяние радиоволн.

3.8 Влияние гравитационных полей на распространение радиоволн в космической плазме. Гравитационный потенциал звезд и галактик. Геометрооптические эффекты гравитационных линз. Дифракция и рассеяние радиоволн на неоднородностях гравитационного поля.

Тема 4. Методы диагностики неоднородностей космической плазмы по данным радиофизических наблюдений.

4.1 Возможности и ограничения метода мерцаний.

4.2 Методы просвечивания околосолнечной, межпланетной и межзвездной плазмы радиоизлучением пульсаров и квазаров.

4.3 Особенности радиозондирования короны и солнечного ветра когерентными сигналами с космических аппаратов.

4.4 Радиозатменный метод глобального контроля состояния околопланетной плазмы.

4.5 Использование солнечных радиовсплесков для определения неоднородной структуры короны и солнечного ветра.

4.6 Возможности РСДБ-интерферометрии для диагностики межпланетной и межзвездной плазмы.

4.7 Гравитационное линзирование радиоизлучения дискретных источников как метод восстановления структурных особенностей гравитационного потенциала звезд и галактик.

Тема 5. Радиоизлучение каскадных ливней от космических лучей высоких и сверхвысоких энергий.

5.1 Наземное радиодетектирование широких атмосферных ливней (ШАЛ).

5.2 Трансформация радиоизлучения ШАЛ в околосолнечной плазме.

5.3 Представления о корреляционных связях потоков космических лучей и состояния неоднородной структуры околосолнечного и околосолнечного пространства.

5.4 Особенности потоков космических лучей в условиях возмущенной гелиосферы.

5.5 Радиоастрономический метод измерения потоков космических частиц высоких и сверхвысоких энергий.

### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5
1.	«Распространение электромагнитных волн»	+	+	+	+	+
2.	«Статистическая радиофизика»	+	+	+	+	+
3.	«Распространение радиоволн»	+	+	+	+	+
4.	«Радиофизический мониторинг»	+	+	+	+	+
5.	«Космическая радиофизика»	+	+	+	+	+

### 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	
1.	Принципы построения радиофизических моделей неоднородной структуры космической плазмы	2	-	-	-	3	5
2.	Современные представления о неоднородной структуре плазмы космического пространства (ионосферы, солнечной короны, межпланетной и межзвездной среды) по данным радиофизических наблюдений	2	-	-	-	12	14
3.	Особенности влияния неоднородностей диэлектрической проницаемости околосолнечной и космической плазмы на распространение и рассеяние радиоволн	6	14	-	-	15	35
4.	Методы диагностики неоднородностей космической плазмы по данным радиофизических наблюдений	8	8	-	-	15	31
5	Радиоизлучение каскадных ливней от космических лучей высоких и сверхвысоких энергий	6	2	-	-	15	23

### 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№	№ раздела и	Наименование семинаров,	Трудоемкость	Оценочные	Формируемые
---	-------------	-------------------------	--------------	-----------	-------------

п/п	темы дисциплины	практических и лабораторных работ	(часы)	средства	компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 3	<p>Лучевое приближение для расчета воздействий локализованных плазменных неоднородностей на формирование пространственно-временной структуры электромагнитного поля</p> <p>Интегральные представления для расчета волнового поля в космической плазме в присутствии регулярных и случайных каустик</p> <p>Количественная оценка эффектов воздействия плазменных неоднородностей на распространение радиоволн различных диапазонов</p> <p>Расчет статистических моментов радиоизлучения космического источника для заданных моделей спектра турбулентных неоднородностей плазменной среды</p> <p>Расчет доплеровского спектра радиосигнала в задаче просвечивании околосолнечной плазмы</p> <p>Количественная оценка уширения радиоимпульса пульсара в космической плазме</p> <p>Траекторные расчеты фокусировки радиоволн для различных моделей гравитационного потенциала звезд и галактик</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>	Контрольная работа	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 - ПК-3, УК-1 – УК-5.
2.	Тема 4	Радиозатменный метод	2	Контрольная	ПК-1- ПК-2

		глобального контроля состояния околопланетной плазмы		работа	
		Задача просвечивания солнечной короны когерентными сигналами с космических аппаратов	2		
		Задача просвечивания солнечной короны планетарным радаром	2		
		Определение параметров априорно заданного модельного спектра турбулентных неоднородностей плазмы по статистическим характеристикам рассеянного радиоизлучения	2		
	Тема 5	Оценка влияния плазменной среды на распространение радиоимпульса каскадного ливня от космических лучей сверхвысоких энергий	2	Контрольная работа	ПК-1-ПК-2

### 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не планируются.

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература

1. Уилсон Т.Л. Инструменты и методы радиоастрономии / Т. Л. Уилсон, К. Рольфс, С. Хюттемейстер. М. : Физматлит, 2012. - 567 с.
2. Алтынцев А.Т. Введение в радиоастрономию солнца / А. Т Алтынцев, Л. К. Кашапова. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 203 с.
3. Яковлев О.И. и др. Распространение радиоволн. Изд: ЛЕНАНД .2009.
4. Томпсон А.Р. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии / А.Р. Томпсон ; Д.М. Моран, Д.У. Свенсон. 2003. - 624 с.

#### б) дополнительная литература

5. Малов И.Ф. Механизмы космического излучения : учеб. пособие / И. Ф. Малов ; Пушинский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева. - М. : Либроком, 2010.



- 158 с.

6. Малов И.Ф. Радиопульсары. М.: Наука, 2004. - 191 с.

7. Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998.- 432 с

в) *программное обеспечение*: стандартные сервисы глобальной сети Интернет,

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>.)

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

Методическим оформлением курса является использование современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео, документальные фильмы), дистанционных. Внедрение глобальной компьютерной сети в образовательный процесс позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в космической радиофизике.

### **10. Образовательные технологии:**

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности аспирантов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих аспирантов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью аспирантов осуществляется на лекционных и практических занятиях в виде самостоятельных работ

### **11. Оценочные средства (ОС):**

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса аспирант должен знать основы радиофизики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль знаний не проводится.

## 11.2. Оценочные средства текущего контроля

### Пример практического задания

#### ***ЗАДАНИЕ 1 Гравитационное линзирование электромагнитных волн***

##### **УСТНО:**

1. Представления о гравитационном потенциале звезд и галактик.
2. Рефракция и дифракция электромагнитных волн при распространении в слабых гравитационных полях.

##### **ПИСЬМЕННО:**

1. Используя лучевые уравнения и эффективный показатель преломления вакуума в Евклидовом пространстве, получить формулу Эйнштейна для угла максимальной рефракции электромагнитной волны в гравитационном поле звезды с заданным радиусом Шварцшильда.
2. В приближении геометрической оптики определить групповое запаздывание импульса пульсара в гравитационном поле Солнца.

## 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Примерный список вопросов к дифференцированному зачету:

- 1) Радиофизические модели неоднородностей ионосферной плазмы.
- 2) Радиофизические модели неоднородной структуры солнечной короны, межпланетной и межзвездной среды.
- 3) Лучевое приближение для расчета воздействий плазменных неоднородностей на формирование пространственно-временной структуры электромагнитного поля.
- 4) Имитационное моделирование рассеяния радиоволн в случайно-неоднородной космической плазме.
- 5) Волновые катастрофы в неоднородном Космосе. Методы расчета волнового поля в присутствии регулярных и случайных каустик.
- 6) Комбинированные методы расчета волнового поля с учетом рассеяния радиоволн в космической плазме и на шероховатых поверхностях небесных тел.
- 7) Планетарные радары.
- 8) Особенности распространения и рассеяния радиоволн различных диапазонов в околоземной плазме.
- 9) Эффекты неоднородностей космической плазмы при распространении радиоволн.
- 10) Распространение и рассеяние радиоволн в возмущенных гео-гелиофизических условиях.
- 11) Фокусировка радиоизлучений дискретных источников на крупномасштабных плазменных неоднородностях.
- 12) Влияние солнечных вспышек и корональных выбросов массы на распространение и рассеяние радиоволн.
- 13) Влияние гравитационных полей на распространение радиоволн в космической плазме. Гравитационный потенциал звезд и галактик. Рефракционные и дифракционные эффекты гравитационных линз.
- 14) Методы диагностики неоднородностей космической плазмы по данным радиофизических наблюдений.

- 15) Возможности и ограничения метода мерцаний.
- 16) Методы просвечивания околосолнечной, межпланетной и межзвездной плазмы радиоизлучением пульсаров и квазаров.
- 17) Особенности радиозондирования короны и солнечного ветра когерентными сигналами с космических аппаратов.
- 18) Радиозатменный метод глобального контроля состояния околопланетной плазмы.
- 19) Использование солнечных радиовсплесков для определения неоднородной структуры короны и солнечного ветра
- 20) Возможности РСДБ-интерферометрии для диагностики межпланетной и межзвездной плазмы.
- 21) Гравитационное линзирование радиоизлучения дискретных источников как метод восстановления структурных особенностей гравитационного потенциала звезд и галактик.
- 22) Радиоизлучение каскадных ливней от космических лучей высоких и сверхвысоких энергий.
- 23) Наземное радиодетектирование широких атмосферных ливней (ШАЛ).
- 24) Трансформация радиоизлучения ШАЛ в околоземной плазме.
- 25) Представления о корреляционных связях потоков космических лучей и состояния неоднородной структуры околоземного и околосолнечного пространства.
- 26) Особенности потоков космических лучей в условиях возмущенной гелиосферы. Форбуш-эффект.
- 27) Радиоастрономический метод измерения потоков космических частиц высоких и сверхвысоких энергий.

**Разработчики:**

профессор кафедры радиофизики и радиоэлектроники



Н.Т. Афанасьев

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники  
«27» 09 2014 г.

Протокол № 2Зав.кафедрой В. Сажин Сажин В.И.

**Лист согласования, дополнений и изменений на 2015/2016 учебный год**

К рабочей программе дисциплины Б1.В. ДВ.2.1 **Специальные вопросы космической радиофизики** по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) 01.04.03 Радиофизика

1. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

Нет дополнений

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

Нет изменений

Изменения одобрены Ученым советом физического факультета, протокол № 1 от 28 августа 2015 г.

Зав. кафедрой радиофизики и радиоэлектроники



В.И. Сажин

**Лист согласования, дополнений и изменений на 2016/2017 учебный год**

К рабочей программе дисциплины Б1.В. ДВ.2.1 **Специальные вопросы космической радиофизики** по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) 01.04.03 Радиофизика

1. В соответствии с приказом Минобрнауки России №1455 от 07.12.2015 г. о переименовании федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВПО «ИГУ») в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ») читать наименование вуза в новой редакции.

2. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:  
Нет дополнений

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:  
Нет изменений

Изменения одобрены Ученым советом физического факультета, Протокол № 5 от 17.05 2016 г.

Зав. кафедрой

В. Сажин Сажин В.И.

**Лист согласования, дополнений и изменений на 2017/2018 учебный год**

К рабочей программе дисциплины Б1.В.ДВ.2.1 **Специальные вопросы космической радиофизики** по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) **Радиофизика**

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

Нет дополнений

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

Нет изменений

Изменения одобрены Ученым советом физического факультета протокол №8 от 19.06.2017 г.

Зав. кафедрой  
радиофизики и  
радиоэлектроники

В. Селез

(подпись)

/Селез В.И./

(И.О.Ф.)

**Лист согласования, дополнений и изменений на 2018/2019 учебный год**

К рабочей программе дисциплины Б1.В.ДВ.2.1 **Специальные вопросы космической радиофизики** по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) **Радиофизика**

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

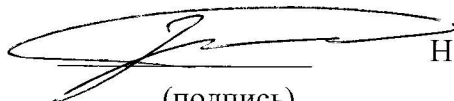
Нет дополнений

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

Нет изменений

Изменения одобрены Ученым советом физического факультета протокол №1 от 30.08.2018 г.

Декан  
физического факультета



(подпись)

Н.М. Буднев

(И.О.Ф.)