

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



20 января 2012 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по специальной дисциплине

НАИМЕНОВАНИЕ: **Современная галактическая радиоастрономия**

Направление подготовки: **Астрофизика, радиоастрономия.**

Всего учебных часов: 72

Из них

Кол-во лекций: 30

Кол-во часов на самостоятельную работу: 32

Кол-во лабораторных занятий: 10

Нижний Архыз

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования для обучающихся в аспирантуре, утвержденных приказом Министерства образования и науки РФ от 16 марта 2011г. № 1365, рекомендациями Министерства образования и науки РФ от 22 июня 2011 г. N ИБ-733/12 о формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования, программы-минимум кандидатского экзамена, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 08 октября 2007 г. № 274.

**Автор: д.ф.-м.н., заведующий лабораторией радиоастрофизики  
САО РАН С.А. Трушкин**

Программа одобрена на заседании ученого совета САО РАН 22 декабря 2011 г., протокол № 296.

## **1. Общие положения**

Современная радиоастрономия Млечного пути включает почти все основные направления исследований Галактики методами радиоастрономии. Тематика таких исследований весьма обширна. Перечислим самые основные:

1. Распределенное радиоизлучение Галактики, происхождение и связь источниками космических лучей. Теория радиогало, галактического фонтана, происхождение и структура магнитного поля Галактики.

2. Структура межзвездного газа. Горячая, теплая и холодная компоненты МЗС. Свойства и происхождение этих компонент. Нейтральный и ионизированный водород в Галактики. Молекулярные облака. Молекулярная радиоспектроскопия.

3. Дискретные галактические радиоисточники. НП области, планетарные туманности, остатки сверхновых, пульсары. Общие свойства

4. Радиозвезды. Диаграмма Гершпрунга-Рассела для радиозвезд. Активные радиозвезды и микроквазары.

5. Механизмы радиоизлучения. Тепловое и нетепловое радиоизлучение. Циклотронное и синхротронное излучение. Мазерное радиоизлучение. Рекомбинационное радиоизлучение.

6. Применение методов РСДБ для определения фундаментальных параметров вращения Галактики с помощью определения тригонометрических параллаксов мазерных источников в Млечном пути.

При изучении курса аспирант освоит навыки работы на радиотелескопе РАТАН-600 или любом другом телескопе, принимающем излучение в сплошном спектре. Имеются ряд специальных программ обработки таких наблюдений, созданных как сотрудниками САО РАН, так и общих программ обработки радиоастрономических изображений, позволяющих получать оценки физических характеристик космического источника.

В результате освоения дисциплины аспирант должен

### **Знать:**

- основные методы исследования на современных радиотелескопах;
- современные технологии регистрации радиоволн от космических источников в Галактики;
- методы теоретического анализа наблюдений — получение радиоспектров, их анализ, оценки радиосветимости, напряженности магнитного поля, и полной энергии, заключенной в релятивистских частицах источника;
- способы определения спектрального индекса, механизма излучения, характерных временных масштабов переменности, поиска периодичности.

### **Уметь:**

- использовать методику анализа радиоспектров — частотной зависимости плотности потока от источника.
- использовать такие базы данных как CATS, NED, SIMBAD для проведения радиоастрономических исследований
- корректно обрабатывать записи калибровочных источников для определения точных электродинамических характеристик антенных систем
- определять физические характеристики космического источника — яркостную температуру, физические размеры, радиосветимость, магнитное поле

### **Владеть:**

- навыками проведения наблюдений на радиотелескопе, например, на РАТАН-600, то есть уметь работать с эфемеридными программами, программами подготовки наблюдений.
- методикой анализа полученных данных, обработки записей наблюдений
- основными методами определения плотностей потока из антенных температур

- математическими способами оценки точности измерений радиопотоков.

В итоге аспирант освоит современные методы исследований Млечного пути с помощью радиоастрономических инструментов. На основе данного курса молодые ученые смогут формировать заявки на наблюдения на крупные мировые телескопы, такие как ALMA, JVLA, LOFAR, GRMT, VLBA, РАДИОАСТРОН и ПАТАН-600.

## 2. Структура и содержание дисциплины

«Современная галактическая радиоастрономия»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 часа.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
		Л	ПЗ	ЛЗ	СР	
1	Распределенное галактическое радиоизлучение. История открытия и современные измерения (WMAP, PLANCK)	3			4	
2	Межзвездная среда, состав, методы исследований.	3			2	
3	Дискретные галактические радиоисточники	2			4	
4	III области и планетарные туманности	2				
5	Остатки сверхновых (ОСН). Типы и эволюция ОСН	3		5	4	зачет
6	Радиопульсары	2			2	
7	Нейтральный водород	2			2	
8	Рекомбинационные радиолинии	2			4	
9	Мазерное радиоизлучение	2				
10	Молекулярная радиоспектроскопия	3			2	
11	Радиозвезды. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела для радиозвезд	2			2	
12	Микрокварзары	3		5	4	зачет
13	Механизмы радиоизлучения	3			2	
	<b>Всего</b>	<b>30</b>		<b>10</b>	<b>32</b>	

## 3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на практических занятиях. Итоговый контроль – два зачета по лабораторным работам.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

### «Современная галактическая радиоастрономия»

1. Каковы основные механизмы космического радиоизлучения?
2. Что такое остатки сверхновых и как они эволюционируют?
3. В каких спектральных переходах возможен мазерный механизм?
4. Каковы условия формирования структуры МЗС?
5. Какова статистика дискретных радиоисточников?
6. Какие методы поиска и обнаружения пульсаров?
7. Что такое микроквезары и чем они похожи на внегалактические источники?
8. Как образуются рекомбинационные радиолинии? Назовите основные химические элементы, от которых обнаружено РРИ?
9. Какова причина укрупнения спектрального индекса распределенного фона МП по мере удаления от его плоскости?
10. Каковы основные типы радиозвезд и причина их повышенного радиоизлучения.

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

### «Современная галактическая радиоастрономия»

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Уилсон Т.Л. и др. «Инструменты и методы радиоастрономии», Физматлит, 2012
2. «Галактическая и внегалактическая радиоастрономия», под редакцией Верскера Г.Л. и Келлермана К.И., первое издание, 1974 и второе издание, 1988
3. Краус Д. «Радиоастрономия», Сов. Радио, первое издание, 1973 и второе издание, 1983.
4. Гинзбург В.Л., Сыроватский С.И. «Происхождение космических лучей», М., Изд-во АН СССР, 1963.
5. Н. Г. Бочкарев «Основы физики межзвездной среды», М.: URSS, издание 2-е, 2010
6. И. Ф. Малов «Механизмы космического излучения», учебное пособие, М.: URSS, 2010

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Худсон Д. «Статистика для физиков», МИР, 1972.
2. Пахольчик А. «Радиоастрофизика», МИР, 1973.
3. Rybicki G.B., Lightman A.P., Radiative Processes in Astrophysics, Willey-VCH, 2004
4. Tucker W.H. Radiation Processes in Astrophysics (MIT, Cambridge, MA), 1975

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

- 1) ephrat — программа расчета эфемерид космических радиоисточников
- 2) epoch — программа пересчета координат
- 3) fgr — пакет обработки записей наблюдений на РАТАН-600 из пакета FADPS
- 4) csmake и otmake — пакеты подготовки наблюдений на РАТАН-600
- 5) <http://cats.sao.ru> — база данных радиоастрономических каталогов