

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(САО РАН)

ПРИНЯТО

решением Ученого совета
САО РАН № 404
от «20» июня 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор САО РАН,
_____ / Г.Г. Валявин /
« ___ » _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «СОВРЕМЕННАЯ ГАЛАКТИЧЕСКАЯ
РАДИОАСТРОНОМИЯ»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 72 ч. 1 1/3 нед.

Из них:

Лекций 30 ч.

Практических занятий 10 ч.

Самостоятельной работы 32 ч.

п. Нижний Архыз 2022

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951, утвержденной Программой кандидатского экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, принятой на заседании Ученого совета САО РАН.

Автор: доктор физ.-мат. наук, заведующий лабораторией радиоастрофизики С.А. Трушкин.

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 Галактике. 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 микрокварзы.

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.

Дисциплина «Современная галактическая радиоастрономия» – 2.1.15. (Ф) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Современная галактическая радиоастрономия», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета, и элективные дисциплины – 2.1.6. «Компьютерная обработка результатов измерений», 2.1.7. «Астрономические светоприемники» и 2.1.9. «Практическая радиоастрономия».

Дисциплина «Современная галактическая радиоастрономия» логически, содержательно и методически связана с последующими компонентами программы аспирантуры – 1.1. «Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание научной степени кандидата наук к защите», 1.2. «Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных», 2.2. «Практика», 3. «Итоговая аттестация».

2. Планируемые результаты освоения дисциплины, соотнесённые с планируемыми результатами освоения программы

№ п/п	Результаты освоения дисциплины	Результаты освоения программы
Аспирант должен знать:		
1.	основные методы исследования на современных радиотелескопах;	РД-1, РД-2.
2.	современные технологии регистрации радиоволн от космических источников в Галактике;	РД-1, РД-2
3.	методы теоретического анализа наблюдений – получение радиоспектров, их анализ, оценки радиосветимости, напряженности магнитного поля, и полной энергии, заключенной в релятивистских частицах источника;	РД-1, РД-2, РД-4
4.	способы определения спектрального индекса, механизма излучения, характерных временных масштабов переменности, поиска периодичности.	РД-1, РД-2, РД-4
Аспирант должен уметь:		
5.	использовать методику анализа радиоспектров – частотной зависимости плотности потока от источника;	РД-1, РД-2, РД-4
6.	использовать такие базы данных как CATS, NED, SIMBAD для проведения радиоастрономических исследований;	РД-4
7.	корректно обрабатывать записи калибровочных источников для определения точных электродинамических характеристик антенных систем;	РД-1, РД-2, РД-4
8.	определять физические характеристики космического источника – яркостную температуру, физические размеры, радиосветимость, магнитное поле.	РД-1, РД-2, РД-4
Аспирант должен владеть:		
9.	навыками проведения наблюдений на радиотелескопе, например, на РАТАН-600, то есть уметь работать с эфемеридными программами, программами подготовки наблюдений;	РД-1, РД-2, РД-4
10.	методикой анализа полученных данных, обработки записей наблюдений;	РД-1, РД-2, РД-4
11.	основными методами определения плотностей потока из антенных температур математическими способами оценки точности измерений радиопотоков.	РД-1, РД-2, РД-4

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 1/3 недели (72 часа).

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
		Лек.	Практ. зан-я	Сам. раб.	
1.	Распределенное галактическое радиоизлучение. История открытия и современные измерения космическими аппаратами WMAP и PLANCK	3		4	
2.	Межзвездная среда, состав, методы исследований.	3		2	
3.	Дискретные галактические радиоисточники	2		4	
4.	НП области и планетарные туманности.	2			
5.	Остатки сверхновых (ОСН). Типы и эволюция ОСН.	3	5	4	текущий контроль
6.	Радиопульсары.	2		2	
7.	Нейтральный водород.	2		2	
8.	Рекомбинационные радиолнии.	2		4	
9.	Мазерное радиоизлучение.	2			
10.	Молекулярная радиоспектроскопия.	3		2	
11.	Радиозвезды. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела для радиозвезд.	2		2	
12.	Механизмы радиоизлучения.	2		2	
13.	Микрокварзары.	2	5	4	текущий контроль итоговый зачет
Итого:		30 ч	10 ч	32 ч	72 ч

4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 5. Остатки сверхновых (ОСН). Типы и эволюция ОСН.	5	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
1.	Тема 13. Микрокварзары.	5	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
Итого:		10 ч	

5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация

5.1. Форма проведения текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на практических занятиях. Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

Текущий контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

Итоговый зачет проводится в рамках промежуточной аттестации.

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается.

5.2. Форма проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме итогового зачета по дисциплине. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме.

Оценивание знаний обучающегося происходит по результатам устного ответа на два вопроса из перечня. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

Итоговый контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

При сдаче итогового зачета по дисциплине отметка «зачет» выставляется, если аспирант демонстрирует знание основного материала, излагает его, применяет теоретические положения при решении практических задач.

Отметка «незачет» выставляется в случае, если аспирант не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в изложении основного материала, не может увязывать теорию с практикой.

5.3. Вопросы к зачету

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 микровязары и чем они похожи на внегалактические источники?
8. Как образуются рекомбинационные радиолнии? Назовите основные химические элементы, от которых обнаружено РРИ?
9. Какова причина роста спектрального индекса распределенного фона МП по мере удаления от его плоскости?
10. Каковы основные типы радиозвезд и причина их повышенного радиоизлучения.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

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

7. Стюарт И. Математика космоса: Как современная наука расшифровывает Вселенную «Альпина Диджитал», 2016
8. Топильская, Г. П. Физика межзвездной среды: учебное пособие, М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 197 с.
9. В.К. Конникова, Е.Е. Лехт, Н.А. Силантьев Практическая радиоастрономия, МГУ, 2011
10. С. Габсер, Ф. Преториус Маленькая книга о черных дырах. Издательство «Питер», 2019

6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

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
5. Трушкин С.А., Наблюдения и теория излучения радиозвезд, цикл лекций, Нижний Архыз
6. Галактики, кол. Авторов, под ред. Сурдина, 2013, ФИЗМАТЛИТ

6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- База данных радиоастрономических каталогов- <http://cats.sao.ru>
- Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
- База данных по внегалактическим объектам NED: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
- Астрофизическая информационная система ADS - <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
- База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Звёздные каталоги VIZIER - <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
- Цифровой обзор неба DSS - <http://archive.eso.org/dss/dss>
- Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org>
- Миссия WMAP <https://lambda.gsfc.nasa.gov/product/wmap/current/>
- Миссия Planck
https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Planck/Celebrating_the_legacy_of_ESA_s_Planck_mission
- Лекция Трушкина "Галактика в радиодиапазоне"
<https://www.youtube.com/watch?v=FqQNJPMvEnA&t=4s>

7. Перечень информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, профессиональных баз данных

- Программа расчета эфемерид космических радиоисточников – EFRAT.
- Программа пересчета координат – epoch.
- fgr - пакет обработки записей наблюдений на РАТАН-600 из пакета Олега Верходанова FADPS.
- Пакеты подготовки наблюдений на РАТАН-600 - csmake и otmake1.

8. Материально-техническое обеспечение

- экран;
- мультимедийный проектор;
- компьютер;
- выход в Интернет и локальная сеть САО РАН в лабораторных корпусах;
- сервер общего доступа для обработки и хранения данных;
- текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН;
- оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН.

9. Особенности освоения дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких аспирантов.

Адаптированная рабочая программа входит в структуру адаптированной программы аспирантуры, которая разрабатывается под потребности конкретного обучающегося по его личному заявлению или решению комиссии по определению вида инклюзии и условий обучения сразу после зачисления такого аспиранта на 1 курс.

Порядок разработки адаптированной рабочей программы определяется локальным нормативным актом.