

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(САО РАН)

ПРИНЯТО

решением Ученого совета

САО РАН № 322

от «16» сентября 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор САО РАН,
член-корр. РАН



Ю.Ю. Балегга

2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по специальной дисциплине

НАИМЕНОВАНИЕ: «ПРАКТИЧЕСКАЯ РАДИОАСТРОНОМИЯ»

Направление
подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность
(профиль) подготовки

**01.03.02 АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ
АСТРОНОМИЯ**

Присваиваемая
квалификация:

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬ.
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ**

Объем занятий: Итого	72 ч.	2 з.е.
Из них:		
Лекций	28 ч.	
Лабораторных работ	12 ч.	
Практических занятий	12 ч.	
Самостоятельной работы	20 ч.	

п. Нижний Архыз
2014

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (Уровень высшего образования, Подготовка кадров высшей квалификации, Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 867, программы-минимум кандидатского экзамена, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 08 октября 2007г. № 274 и дополнительной программы кандидатского экзамена, принятой на заседании Ученого совета и утвержденной директором САО РАН.

Автор: ведущий научный сотрудник, руководитель Группы изучения галактик и космологии, д.ф.-м.н. Верходанов О. В.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Базовая дисциплина "Практическая радиоастрономия" посвящена методам, предмету исследования и результатам радиоастрономии. Актуальность данного курса определяется существенным прорывом в современной наблюдательной астрофизике, обусловленным исследованиями на космических и наземных радиотелескопах, начиная с 1990-х гг. Так, результаты исследований реликтового излучения и пульсаров, принесших в сумме 4 Нобелевских премии, изменили наше понимание Природы.

В результате курса лекций аспирант познакомится с историей развития радиоастрономии, прослушает обзор о современных радиоастрономических методах исследования небесных объектов, узнает о принципах работы приемников радиоизлучения и радиотелескопов. Кроме того, аспирант познакомится с теорией механизмов радиоизлучения и исследованиями объектов, которые наблюдаются на радиотелескопах, в Солнечной системе, в нашей Галактике и за ее пределами. Основной упор в данном курсе делается на методах и результатах исследования внегалактических объектов: радиогалактик и квазаров, а также реликтовом излучении, изучение которых дает основополагающий вклад в современную космологию.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Практическая радиоастрономия» - Б1.В.ОД.7 относится к базовой части блока 1 «Дисциплины».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Практическая радиоастрономия», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета и дисциплина базовой части Б1.Б.2 «Иностранный язык».

Дисциплина «Практическая радиоастрономия» логически, содержательно и методически связана с последующими блоками учебного плана – дисциплинами по выбору аспиранта вариативной части Б1.В.ДВ.2 «Современная галактическая радиоастрономия», блоками 2 «Практики», 3 «Научно-исследовательская работа», 4 «Государственная итоговая аттестация» - Б2.1, Б2.2, Б3.1, Б4.Г.1, Б4.Д.1.

3. КОМПЕТЕНЦИИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 НАИМЕНОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индекс	Расшифровка
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-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 иностранном языках;
УК-5	-способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;
ОПК-1	-способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-

	коммуникационных технологий;
ПК-1	-способность свободно владеть разделами астрофизики, необходимыми для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований;
ПК-2	-способность обеспечивать наблюдения на современных телескопах по научным программам отечественных и зарубежных исследователей;
ПК-3	-способность использовать знания современных проблем и новейших достижений астрофизики в своей научно-исследовательской деятельности;
ПК-4	-способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области астрофизики и решать их с применением новой аппаратуры, оборудования, информационно-коммуникационных и цифровых технологий с учетом новейшего отечественного и зарубежного опыта;

3.2 СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЕТЕНЦИЙ

Аспирант должен знать:

- методы радиоастрономических исследований в области радиоинтерферометрии (синтез изображений) (УК-1, ПК-1, ПК-3);
- принципы обнаружения радиоисточников (отношение сигнал/шум, вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения) (УК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3);
- Фурье-методы анализа изображений (УК-1, ОПК-1, ПК-1, ПК-3);
- основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах (УК-1, ПК-1, ПК-3);
- основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии (УК-1, УК-4, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3).

Аспирант должен уметь:

- объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона (УК-1, УК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-4);
- вычислять распределение энергии в спектре радиоисточника и угловые спектры мощности протяженного излучения; строить простейшие модели радиоизлучающих областей и точечных источников на небесной сфере (УК-1, ОПК-1, ПК-1);
- излагать полученные результаты в виде разделов статьи (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4).

Аспирант должен владеть:

- современными методами и программным обеспечением анализа радиоастрономических данных, включающими калибровку наблюдательных данных, получение физических характеристик объектов, моделирование механизмов излучения, графический анализ данных (УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4);
- системой подготовки статей LaTeX (УК-1, ОПК-1).

3.3 ПЛАНИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ

Уровни сформи- ро- ванности	Индикаторы	Дескрипторы	
		«зачтено»	«не зачтено»
Базовый	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы радиоастрономических исследований в области радиоинтерферометрии (синтез изображений); - принципы обнаружения радиоисточников (отношение сигнал/шум, вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения); - Фурье-методы анализа изображений; - основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах; - основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии. 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы радиоастрономических исследований в области радиоинтерферометрии (синтез изображений); - принципы обнаружения радиоисточников (отношение сигнал/шум, вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения); - Фурье-методы анализа изображений; - основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах; - основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии. 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах; - основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии.
	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона; - вычислять распределение энергии в спектре радиоисточника и угловые спектры мощности протяженного излучения; строить простейшие модели 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона; - вычислять распределение энергии в спектре радиоисточника и угловые спектры мощности протяженного излучения; строить простейшие модели 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона.

	радиоизлучающих областей и точечных источников на небесной сфере; - излагать полученные результаты в виде разделов статьи.	радиоизлучающих областей и точечных источников на небесной сфере; - излагать полученные результаты в виде разделов статьи.	
	Владеет: - современными методами и программным обеспечением анализа радиоастрономических данных, включающими калибровку наблюдательных данных, получение физических характеристик объектов, моделирование механизмов излучения, графический анализ данных; - системой подготовки статей LaTeX.	Владеет: - современными методами и программным обеспечением анализа радиоастрономических данных, включающими калибровку наблюдательных данных, получение физических характеристик объектов, моделирование механизмов излучения, графический анализ данных; - системой подготовки статей LaTeX.	Владеет: - системой подготовки статей LaTeX.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
		Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия	Самостоят. работа	
1.	Радиотелескопы (отклик антенны на радиоизлучение, формирование изображения, преобразование Фурье, теоремы отсчетов). Параметры радиотелескопа (боковые лепестки, разрешение). Типы радиотелескопов (классификация, одиночные зеркала и интерферометры). Радиотелескопы широкого назначения. Антенна Карла Янского. Антенна Гроута Ребера. Интерферометр Мартина Райла. Кембриджский интерферометр. Одномильный радиотелескоп Мартина Райла. Радиотелескоп Энтони Хьюиша. Интерферометр им. Мартина Райла. Радиотелескоп ПАТАН-600. Большая антенная решетка (Very Large Array -	2				

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
	VLA, США). Радиотелескоп в Аресибо. Вестерборкский радиотелескоп. Телескоп в Грин Бэнке. Низкочастотная решетка LOFAR. Атакамская большая миллиметровая/субмиллиметровая решетка (ALMA). Интерферометр площадью 1 км ² (SKA). Специализированные радиотелескопы для исследования реликтового излучения. Антенна Пензиаса и Вильсона. Спутник COBE. Интерферометр DASI (Degree Angular Scale Interferometer). Интерферометр CBI (Cosmic Background Imager). Баллонный инструмент BOOMERanG. Баллонный инструмент MAXIMA. Атакамский космологический телескоп. Южный полярный телескоп. Космическая миссия WMAP. Космическая миссия Planck.					
2.	Интерферометрический синтез в радиоастрономии. Простейший интерферометр. Восстановление изображений. Алгоритм CLEAN. Метод максимальной энтропии.	2	2		2	
3.	Приемники радиоизлучения. Основные схемы радиометров. Шумовая температура и чувствительность радиометров	2	2			
4.	Наблюдения в непрерывном радиоспектре. Радиоизлучение атмосферы. Обработка данных и их интерпретация.	2	2	4	6	текущий зачет
5.	Солнечная радиоастрономия (солнечная активность, солнечный ветер, фотосфера, хромосфера, корона).	2				
6.	Радиоизлучение Луны и планет.	2				
7.	Радиогалактики и квазары. Исследования радиогалактик в России. Ярчайшие радиогалактики (Лебедь А, Центавр А, Дева А, Печь А, Персей А, Геркулес А, Гидра А, Живописец А). Основные каталоги радиоисточников. Базы данных радиоисточников (CATS, NED, SINBAD). Феноменология радиогалактик. Механизмы излучения и радиоспектры галактик. Морфологические особенности радиогалактик (Ядро, Протяженные структуры, Джеты, Горячие пятна). Классификация радиогалактик (морфологическая, спектральная). Центральная машина радиогалактик и феномен сверхмассивных ЧД. Объединенная	4	2	4	4	текущий зачет

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
	<p>модель (квазары и радиогалактики). Эволюция оптического и радиоизлучения радиогалактик. Космологическая эволюция населения радиогалактик/квазаров. Поиск далеких радиогалактик (селекция объектов, отождествление, спектральный интекс). Целевые обзоры по исследованию радиогалактик (3CRR, поздние Кэмбриджские обзоры, голландские исследования). Программа "Большое Трио" (Радиогалактика RC0311+04 на красном смещении $z=4.514$)</p>					
8.	<p>Космологические тесты для радиоисточников и оценка параметров моделей. Подсчеты радиоисточников. Соотношение К-z для радиогалактик. Скучивание радиоисточников. Размер радиогалактик. Гравитационное линзирование. Возраст радиогалактик. Иерархическая модель и проблема роста сверхмассивных черных дыр. Эффект Сюняева-Зельдовича. Эффект Сакса-Вольфа. Гало скоплений галактик и поиск темной материи (нейтрально).</p>	2				
9.	<p>Проблемы удаления радиоисточников в данных реликтового излучения.</p>	2			2	
10.	<p>Современная космологическая модель. Расширяющаяся Вселенная. Фундаментальные наблюдательные данные (реликтовое излучение, распределение видимой материи, стандартные свечи, легкие элементы). Состав Вселенной. Космологическая модель и ее параметры. Этапы эволюции Вселенной: очень ранняя Вселенная, ранняя Вселенная, эпоха доминирования материи, эпоха доминирования темной энергии и др. Инфляция. Другие космологические модели.</p>	4				
11.	<p>Реликтовое излучение. Рекомбинация водорода. Искажение спектра РИ в ходе рекомбинации. Реионизация водорода. Типы начальных возмущений (скалярные, векторные и тензорные моды). Сахаровские модуляции спектра возмущений плотности. Первичная анизотропия (эффекты Сакса-Вольфа, Силка и Доплера). Вторичная анизотропия (тепловой и кинематический эффекты Сюняева-Зельдовича, эффект реионизации). Зависимость углового спектра мощности $C(l)$ от параметров космологи-</p>	4	4	4	6	<p>текущий зачет, итоговый зачет</p>

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
	ческой модели. Анализ данных микроволнового фона. Наблюдения. Разделение компонент. Гармонический анализ на сфере (пикселизация, монополь, диполь, квадруполь, октуполь и более высокие гармоники). Угловой спектр мощности и статистика сигнала. Базы данных карт протяженного излучения (архивы WMAP и Planck, виртуальный телескоп SkyView). Проблемы и поиск негауссовости распределения сигнала. Первичная негауссовость. Вторичная негауссовость. Статистическая анизотропия (проблемы: Ось Зла, Холодное Пятно, асимметрия распределения сигнала РИ на полусферах). Основные тесты на гауссовость (биспектр, функционалы Минковского, фазовый анализ, сферические вейвлеты).					
Баланс времени:		28 ч	12 ч	12 ч	20 ч	72 ч

5. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 2. Интерферометрический синтез в радиоастрономии. Методы и примеры.	2	разноуровневые индивидуальные задания
2.	Тема 3. Приемники радиоизлучения. Схемы и параметры.	2	разноуровневые индивидуальные задания
3.	Тема 4. Наблюдения в непрерывном радиоспектре. Радиоизлучение атмосферы. Обработка данных и их интерпретация.	2	разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет
4.	Тема 7. Радиогалактики и квазары. Исследования радиогалактик в России. История, современные модели активности ядер галактик, результаты исследований в мире, России и САО . Анализ данных и интерпретация его результатов.	2	разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет
5.	Тема 11. Реликтовое излучение. История, методы анализа, разложения по гармонкам, расчет спектра мощности, определение космологических параметров.	4	разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет
Баланс времени:		12 ч	

6. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 4. Наблюдения в непрерывном радиоспектре. Радиоизлучение атмосферы. Обработка данных и их интерпретация.	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
2.	Тема 7. Радиогалактики и квазары. Анализ наблюдательных данных. Построение непрерывных радиоспектров. Отождествление радиоисточников в радио, оптическом, инфракрасном и рентгеновском диапазонах.	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
3.	Тема 11. Реликтовое излучение. Рекомбинация водорода. Моделирование карт. Анализ вариаций фона и неопределенности в оценках параметров с учетом космической вариации и моделей СМВ в рамках текущей космологической парадигмы.	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос, итоговый зачет
Баланс времени:		12 ч	

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АСПИРАНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы. Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации, представленным в п.9 рабочей программы.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на лабораторных занятиях (текущий зачет). Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

Итоговым контролем является итоговый зачет по дисциплине.

Итоговый зачет проводится на завершающем практическом занятии.

8.2 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющий оценить уровень сформированности компетенций, представлен следующими компонентами:

Код оцениваемой компетенции	Этап формирования компетенции (№ темы)	Тип контроля	Вид контроля	Компонент фонда оценочных средств	Кол-во эл-тов, шт.
УК-1 УК-3 УК-4	Темы 4, 7, 11	текущий зачет	электронный	практическая работа	3
УК-5 ОПК-1 ПК-1 ПК-2	Темы 2-4, 7, 11	текущий зачет	электронный	лабораторная работа	5
ПК-3 ПК-4	Темы 1-11	итоговый зачет	устный	вопросы к зачету	14

8.3 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

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

8.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИТОГОВОГО ЗАЧЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Какая классификация радиотелескопов существует?
2. Каков принцип действия радиоинтерферометра?
3. Чем определяется диапазон принимаемых волн и разрешение радиотелескопа?
4. Что такое «крутой радиоспектр» радиоисточника?
5. Какая классификация радиоисточников существует?
6. С какими оптическими объектами отождествляются радиоисточники?
7. Почему далекие радиогалактики могут помочь в поиске протоскоплений?
8. Какие факторы уменьшают вероятность правильного отождествления радиоисточников с оптическими кандидатами?
9. Компоненты плотности Вселенной и текущая космологическая модель, ее наблюдательная основа.
10. Что такое спектр мощности карты излучения?
11. Какое количество пятен на сфере образует мультиполь с номером L ?
12. На каких мультиполях вклад точечных источников в спектр мощности становится существенным?
13. Почему при вычитании дипольной компоненты не меняется остальной спектр?
14. Сколько пиков на спектре мощности СМВ в модели Вселенной Λ CDM до $L < 1000$?

8.5 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

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

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить лабораторные и практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по лабораторным и практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

9.1.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н., Радиотелескопы и радиометры (М.: Наука, 1973).
2. Верходанов О.В., Парийский Ю.Н., Радиогалактики и космология, (М.:Физмалит, 2009).
3. Насельский П.Д., Новиков Д.И., Новиков И.Д., Реликтовое излучение (Изд-во Наука, 2003).
4. Горбунов Д.С., Рубаков В.А., Введение в теорию ранней Вселенной:3. Космологические возмущения. Инфляционная теория. (М.:КРАСАНД, 2010).
5. Галактическая и внегалактическая радиоастрономия, под ред. Верскера и Келлермана. (Изд-во Мир, 1976) Разделы ``Радиогалактики и квазары" и "Космология".
6. Лукаш В.Н., Михеева Е.В., Физическая космология. (М.:ФизМатЛит, 2010).
7. Физика космоса. «Советская энциклопедия». (Москва, 1986). Разделы «Радиогалактики» и «Квазары».
8. Коллектив авторов. `Наблюдательная и теоретическая космология", Труды Летней школы Фонда Дмитрия Зимина «Династия» (7-ой Школы современной астрофизики, САО РАН, Нижний Архыз, 2011) (М.:URSS, 2012), с.381-392.
9. Парийский Ю.Н., Корольков Д.В. 1986. Эксперимент «Холод». «Первый глубокий обзор неба с помощью радиотелескопа РАТАН-600. В сб. Итоги науки и техники». Астрономия. Т.31. Москва. ВИНТИ. 73-197.

9.1.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1.Разнообразные статьи по теме и журналов MNRAS, AA, ApJ, AJ, Астрофиз.Бюл., ПАЖ, АЖ, УФН, Phys. Rev. D, JCAP
2. Разнообразные препринты статьи по теме из базы данных статей arXiv.org.

9.1.3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

9.2 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
2. База данных по внегалактическим объектам: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
3. Астрофизическая информационная система ADS - <http://adswww.harvard.edu/>
4. База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
5. Звёздный каталог VIZIER - <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
6. Цифровой обзор неба DSS - <http://archive.eso.org/dss/dss>
7. Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org/>

9.3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- ОС Linux;
- система анализа континуальных данных ПАТАН-600 FADPS;
- пакет анализа данных реликтового излучения GLESP.

9.4 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- экран;
- мультимедийный проектор;
- компьютер;
- выход в Интернет и интранет 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.