

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ

Турилова Е.А.
"___" 20___ г.

Программа дисциплины Радиоастрономия

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): главный научный сотрудник, д.н. Бикмаев И.Ф. (НИЛ астрофотометрии и звездных атмосфер, Кафедра астрономии и космической геодезии), Ilfan.Bikmaev@kpfu.ru ; ассистент, б.с. Горбачев М.А. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), MaAGorbachev@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4	Владение наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- механизмы генерации и приемники радиоизлучения.

Должен уметь:

- интерпретировать наблюдательные данные и использовать эти данные для получения информации об астрономических источниках радиоизлучения.

Должен владеть:

- навыками обработки наблюдательных данных.

-

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.15 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 51 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 21 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции-всего	Лекции-в эл. форме	Практи-ческие занятия-всего	Практи-ческие занятия-в эл. форме	Лабора-торные работы-всего	Лабора-торные работы-в эл. форме		
1.	Тема 1. Распространение радиоволн.	7	4	0	2	0	0	0	6	
2.	Тема 2. Солнечная система. Излучение Галактики в континууме.	7	6	0	2	0	0	0	6	

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само- стое- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме		
3.	Тема 3. Межзвездная среда. Динамика Галактики.	7	6	0	4	0	0	0	6	
4.	Тема 4. Звезды. Пульсары.	7	6	0	4	0	0	0	1	
5.	Тема 5. Радиогалактики и квазары. Космология.	7	6	0	2	0	0	0	2	
6.	Тема 6. Космология и космическое микроволновое фоновое излучение. Место радиоастрономии в наблюдательной астрофизике	7	6	0	2	0	0	0	0	
	Итого		34	0	16	0	0	0	21	

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Распространение радиоволн.

Радиационный перенос

Мазеры. Распространение через ионизованную среду.

Рефракция. Мерцания. Распространение в атмосфере Земли.

Тема 2. Солнечная система. Излучение Галактики в континууме.

Солнце. Планеты и спутники.

Звезды, пыль, газ. Разновидность галактик. Измерение антенной температуры. Спектр излучения Галактики. Космические лучи и магнитное поле Галактики. Синхротронное излучение. Поляризация и Фарадеевское вращение. Петли и шпурсы. Локальная "пустота". Другие галактики.

Тема 3. Межзвездная среда. Динамика Галактики.

"Температурный" состав межзвездной среды (МЗС). Формирование линий в МЗС. Нейтральный водород (НI). Ионизованный водород (НII). Горячая ионизованная компонента. Механизмы нагрева и остывания. Плотные молекулярные облака. Молекулярные линии в радиодиапазоне. Остатки сверхновых. Темная материя.

Атомы и молекулы в Млечном пути. Спиральная структура. Центр Галактики. Распределение материи. Размеры и масштабы Галактики.

Тема 4. Звезды. Пульсары.

Поверхностная яркость. Солнце и планеты. Оболочечные мазеры. Мазеры SiO, H2O, OH. Классические новые. Нетепловое излучение двойных и вспыхивающих звезд. Рентгеновские двойные - CygX-3 и SS433.

Структура и вращение нейтронной звезды. Радио- и оптическое излучение пульсара. Механизм излучения. Популяция и эволюция пульсаров. Орбиты двойных систем. Тесты ОТО.

Тема 5. Радиогалактики и квазары. Космология.

Спектры и размеры. Структуры. Простейшая модель активных ядер галактик: акреционный диск, тор, ядро, джет.

Спектры квазаров и других активных ядер галактик. Сверхсветовая скорость. Радио джеты и "радиоуши".

Радиогалактики низкой светимости.

Дискретные радиоисточники и гравитационные линзы. Эволюция и подсчеты радиоисточников. Угловые размеры. Гравитационные линзы. Наблюдения гравитационных линз.

Тема 6. Космология и космическое микроволновое фоновое излучение. Место радиоастрономии в наблюдательной астрофизике

Хаббловский разлет. Простая Ньютонаанская модель. Релятивистская космология. "Большой взрыв". Космическое микроволновое фоновое излучение. Анизотропия и искажения космического микроволнового фонового излучения. Инфляционная теория.

Космическое микроволновое фоновое излучение. Межзвездная среда. Угловое разрешение: звезды и квазары. Защита радиочастот в (радио)астрономии

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержен приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Сайт Федерального Космического агентства - <http://www.federalspace.ru/1272/>
- сайт электронной библиотеки по физике и астрономии; - adsabs.harvard.edu/

- Физика космоса - astronet.ru

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Для освоения дисциплины читаются лекции, проводятся практические занятия. Учащимся рекомендуется самостоятельно вести конспекты лекций, где стоит особое внимание уделить собственным вопросам, возникающим во время слушания лекций. Если эти вопросы останутся после самостоятельной проработки лекционного материала с использованием рекомендованной литературы, то их следует задать преподавателю на следующей лекции.
практические занятия	Практические занятия проводятся под руководством преподавателя в учебной аудитории, они направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. Во время практических занятий студентам рекомендуется выполнять поставленные перед ними задачи с помощью полученных ранее знаний, а также консультаций преподавателя.
самостоятельная работа	После каждой лекции обучающемуся следует внимательно прочитать и разобрать конспект лекций, понять и запомнить все новые определения, воспроизвести математические выводы формул самостоятельно. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помочь у своих сокурсников или обратиться за помощью к лектору. Материал для самостоятельного изучения следует осваивать по доступным письменным и электронным источникам с учетом рекомендаций преподавателя. В рамках часов, отведенных для самостоятельной работы, студенты также готовят презентации.
зачет	Зачёт проводится на основе билетов, в которые входят вопросы на все темы, пройденные на лекциях. Билеты размещены в данной программе дисциплины, при необходимости их копия может быть получена у преподавателя. Главным условием успешной подготовки студента к зачёту является наличие у него аккуратного самостоятельно записанного конспекта лекций. Отдельные детали могут быть уточнены с помощью основной и дополнительной литературы, указанной в данной программе дисциплины.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

 - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
 - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
 - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации "Астрофизика и космология".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.15 Радиоастрономия

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Парицкий, Ю. Н. Радиогалактики и космология : учебное пособие / Ю. Н. Парицкий, Ю. Н. Парицкий. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 300 с. - ISBN 978-5-9221-1135-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48262> (дата обращения: 18.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Фундаментальные космические исследования : монография : в 2 книгах. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Книга 1 : Астрофизика. - 2014. - 452 с. - ISBN 978-5-9221-1549-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59705> (дата обращения: 18.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Аккреционные процессы в астрофизике / П. К. Аболмасов, В. В. Журавлев, А. Ю. Кочеткова, Г. В. Липунова ; под редакцией Н. И. Шакуры. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-1633-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91161> (дата обращения: 18.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Лукаш, В. Н. Физическая космология / В. Н. Лукаш, Е. В. Михеева. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 404 с. - ISBN 978-5-9221-1161-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5279> (дата обращения: 18.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Брауде, С. Я. Радиоволны рассказывают о Вселенной : учебное пособие / С. Я. Брауде, В. М. Конторович. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 237 с. - ISBN 978-5-9221-1262-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48256> (дата обращения: 18.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Котельников, В. А. Собрание трудов : сборник научных трудов / В. А. Котельников. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 3: Радиолокационная астрономия. - 2009. - 360 с. - ISBN 978-5-9221-1189-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2212> (дата обращения: 18.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.15 Радиоастрономия

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.