

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1147807	Космология

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Астрономия	Код ОП 1. 03.05.01/33.01
Направление подготовки 1. Астрономия	Код направления и уровня подготовки 1. 03.05.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кожевникова Алла Валерьевна	кандидат физико-математических наук	доцент	кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
2	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико-математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Космология**

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из двух дисциплин «Основы космологии» и «Методы подобия и размерности в физике и астрофизике» и посвящен исследованиям Вселенной как целого: ее рождение, эволюция и текущие представления о крупномасштабной структуре. В рамках освоения модуля студенты получают опыт и навыки нахождения функциональных зависимостей физических процессов исходя из основных параметров, характеризующих астрофизическую систему, т.е. в тех случаях, когда теория, описывающая данное явление, отсутствует, а также нет эмпирических формул, основанных на достоверных наблюдательных данных.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Методы подобия и размерности в физике и астрофизике	3
2	Основы космологии	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Астрофизика2. Математические основы профессиональной деятельности3. Общая физика4. Общая и сферическая астрономия
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Методы теоретической астрофизики2. Дополнительные главы астрофизики и звездной астрономии

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

Методы подобия и размерности в физике и астрофизике	ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин	З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы
	ПК-11 - Способен ориентироваться в актуальных достижениях естественных наук для решения современных новых классов астрофизических задач	З-5 - Перечислить основные способы и методы применения методов размерности и подобия в астрономических задачах У-5 - Обосновать применение методов размерности и подобия для получения связи между наблюдаемыми физическими характеристиками объектов П-5 - Предлагать способы применения методов размерности и подобия к анализу внутреннего строения звезд
Основы космологии	ПК-11 - Способен ориентироваться в актуальных достижениях естественных наук для решения современных новых классов астрофизических задач	З-4 - Изложить физическую картину мира на различных пространственно-временных масштабах У-4 - Правильно интерпретировать космологические модели для объяснения наблюдаемых свойств Вселенной П-4 - Разрабатывать рекомендации по анализу данных наблюдений на больших красных смещениях и их интерпретации

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы подобия и размерности в физике и
астрофизике

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кожевникова Алла Валерьевна	кандидат физико- математических наук	доцент	кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
2	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кожевникова Алла Валерьевна, доцент, кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение в методы анализа размерностей	Введение в теорию подобия и методы анализа размерностей. Определение задач теории размерностей. Размерности физических и астрофизических величин. Понятие основных параметров и независимых единиц измерения. Безразмерные комплексы и П-теорема. Теория подобия. Подобие и моделирование физических явлений. Критерий подобия. Примеры применения анализа размерностей к астрофизическим задачам. Определение спектрального потока излучения размерностным методом через основные единицы измерения и определяющие параметры. Задача о пульсации звезд. Мировые фундаментальные постоянные. Понятие одно-, двух- и трех-константной теории. Планковские величины длины, массы, времени и температуры. Вторичные планковские единицы. Системы единиц Руарка и Франка-Каменецкого.
P2	Гравитация	Типы взаимодействия в природе. Определение периода обращения двойной системы вокруг общего центра масс с помощью матрицы размерностей. Вращение галактик. Масса звездной системы. Определение массы объектов по их средним хаотическим скоростям. Аккреция вещества. Виды аккреции вещества. Введение гравитационной и инерциальной массы в задаче о темпе аккреции. Вывод формулы аккреции с помощью

		матрицы размерностей. Три эффекта общей теории относительности. Гравитационное смещение спектральных линий. Вращение перигелия орбиты планеты или двойной звездной системы. Отклонение световых лучей, проходящих вблизи массивного тела.
Р3	Физика звезд	Равновесие и устойчивость звезд. Противодействие. Полная потенциальная энергия звезды. Уравнение политропного состояния звезды. Анализ уравнений равновесия звезд. Критерий устойчивости. Характерное время потери устойчивости. Температура и верхний предел массы звезды. Определение давления излучения размерностным методом через определяющие параметры и независимые размерности. Оценка максимальной массы звезды. Максимально возможная светимость звезды. «Предел Эддингтона». Соотношение Масса-Светимость. Гравитационный коллапс звезды. Уравнение состояния для вырожденных конфигураций. Белые карлики. Нерелятивистский и релятивистский вырожденный газ. Предел Чандрасекара. Нейтронные звезды, предел Оппенгеймера-Волкова. Характерные времена жизни звезд. Оценка времени сжатия протозвезды, времени пребывания звезды на главной последовательности и времени остывания звезды. Вращение и магнитные поля звезд. Выражение массы и светимости звезд через мировые постоянные. Оценка минимальной светимости звезды.
Р4	Внегалактическая астрономия	Гравитационная неустойчивость. Критерий выделения сгущения. Формирование гравитирующих конфигураций. Механизм фрагментации. Джинсовская длина волны. Активные ядра галактик. Квазары, сейфертовские галактики, яркие радиогалактики, объекты типа BL Lac (Лацертиды), их общие свойства. Физические модели квазаров. Оценка времени жизни квазаров размерностным методом. Характерные размеры и массы во Вселенной. Время механической релаксации галактик. Время существования черных дыр.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных	З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках

			физико-математических дисциплин	рассматриваемой проблемы
--	--	--	---------------------------------	--------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы подобия и размерности в физике и астрофизике

Электронные ресурсы (издания)

1. , Барроу, , Дж., Дэвис, , П., Харпер, , Ч., Мацарский, , В., Мацарская, , О.; Наука и предельная реальность : квантовая теория, космология и сложность.; Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, Москва, Ижевск; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/28902.html> (Электронное издание)
2. Уильям, , Вавилова, , С. И.; Анализ размерностей; Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, Ижевск; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/91908.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Рэндалл, Л., Волобуев, И. П., Берков, А. В.; Закрученные пассажи. Проникая в тайны скрытых размерностей пространства; УРСС, Москва; [2011] (1 экз.)
2. Песин, Я. Б., Гуревич, Б. М., Хмелев, Д. В.; Теория размерности и динамические системы: современный взгляд и приложения; Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2002 (1 экз.)
3. Седов, Л. И.; Методы подобия и размерности в механике; Наука, Москва; 1987 (8 экз.)
4. Грин, Б., Малышенко, В. О.; Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории : [пер. с англ.]; [КомКнига, Москва; 2007] (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. ADS <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Электронные ресурсы образовательного портала edu.ru.
- 2 Электронная библиотека УрФУ orac.urfu.ru
- 3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы подобия и размерности в физике и астрофизике

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы космологии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кожевникова Алла Валерьевна	кандидат физико- математических наук	доцент	кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
2	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кожевникова Алла Валерьевна, доцент, кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Введение. Предмет Космологии. Наблюдательные основы современной космологии. Поверхностная яркость и фотометрический парадокс (парадокс Ольберса). Термодинамический парадокс. Динамический парадокс (парадокс Зеелигера).
P2	Гравитационные уравнения Эйнштейна	Общая теория относительности. Положительная и отрицательная кривизна пространства. Модели «открытой» и «закрытой» Вселенной. Космологический принцип. Критическая плотность. Понятие космологического принципа. Модель стационарной однородной Вселенной. Обобщенные уравнения Эйнштейна. Ввод космологического члена. Модели Фридмана и Леметра.
P3	Закон расширения Хаббла и распространение света	Нестационарность Вселенной. Эффект Доплера. Красное смещение спектральных линий и расширение наблюдаемой Вселенной. Закон Хаббла. Масштабный фактор. Понятие горизонта видимости (горизонта событий). Реликтовое излучение Вселенной. Плотность излучения и плотность вещества. Микроволновое фоновое излучение Вселенной. Эпоха рекомбинации. Планковские величины.

P4	Стандартная модель «Большого Взрыва»	Физические процессы в горячей Вселенной. Зарядовая симметрия частиц. Состояние амбиплазмы, «адронная эра». Аннигиляция вещества. «Лептонная эра», реликтовые нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Проблемы стандартной модели «Большого взрыва».
P5	Модель инфляционной Вселенной	Инфляционная Вселенная. Понятие «антигравитации». Экспоненциальное увеличение размеров области с постоянной плотностью. Космологическое решение Де Ситера. Модель «раздувающейся» Вселенной А. Гута.
P6	Темная энергия и темная материя во Вселенной	Кривые вращения галактик. Свойства темной материи. Гравитационное линзирование. Ускорение космологического расширения. Плотность темной энергии. Отрицательное давление. Квантовые флуктуации. «Пространственно-временная пена» А.Д. Линде. Вопрос о множественности вселенных.
P7	Крупномасштабная структура Вселенной	Образование галактик. Флуктуации плотности и гравитационная (Джинсовская) неустойчивость. Образование галактик и скоплений галактик.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин	З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы космологии

Электронные ресурсы (издания)

1. Лукаш, В. Н.; Физическая космология; Физматлит, Москва; 2010;

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82900> (Электронное издание)

2. , Барроу, , Дж., Дэвис, , П., Харпер, , Ч., Мацарский, , В., Мацарская, , О.; Наука и предельная реальность : квантовая теория, космология и сложность.; Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, Москва, Ижевск; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/28902.html> (Электронное издание)

3. Юрова, , А. А.; Элементы современной космологии и теории бран : учебное пособие.; Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград; 2005; <http://www.iprbookshop.ru/23893.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Каку, М., Лисова, Н.; Физика невозможного; Альпина нон-фикшн, Москва; 2014 (3 экз.)

2. Бисноватый-Коган, Г. С.; Релятивистская астрофизика и физическая космология; [КРАСАНД, Москва; 2011] (2 экз.)

3. Лукаш, В. Н., Михеева, Е. В.; Физическая космология : учеб. пособие для студентов вузов по направлению "Прикладные математика и физика".; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2010 (2 экз.)

4. , Барроу, Д., Дэвис, П., Харпер, Ч., Мацарский, В., Мацарская, О., Бережиани, З. Г., Окунь, Л. Б., Глазырин, С. И., Горбунов, Д. С., Горский, А. С., Долгов, А. Д., Зотов, А. В., Канчели, О. В., Линде, А. Д., Лычковский, О. В., Силагадзе, З. К., Хрипович, И. Б.; Наука и предельная реальность. Квантовая теория, космология и сложность; НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Москва; 2013 (2 экз.)

5. Хокинг, С. У., Берков, А. В., Лебедев, В. Г.; Природа пространства и времени; Амфора, Санкт-Петербург; 2014 (1 экз.)

6. Хван, М. П.; Неистовая Вселенная. От Большого взрыва до ускоренного расширения. От кварков до суперструн; URSS, Москва; 2014 (2 экз.)

7. Фильченков, М. Л.; Гравитация, астрофизика, космология : дополнительные главы курса общей физики.; URSS, Москва; 2015 (4 экз.)

8. Таганов, И. Н.; Антивремя и Антипространство; Российская Академия наук, Санкт-Петербург; 2015 (1 экз.)

9. Пенроуз, Р., Хачоян, А. В.; Циклы времени. Новый взгляд на эволюцию Вселенной; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; [2014] (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. ads <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1 Электронные ресурсы образовательного портала edu.ru.

2 Электронная библиотека УрФУ orac.urfu.ru

3 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы космологии

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется

5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
---	----------------------------------	---	--