

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
1155233	Специальные главы астрофизики

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	Горда Станислав Юрьевич	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Преподаватель	астрономии и геодезии
2	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико-математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
3	Селезнев Антон Федорович	доктор физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Специальные главы астрофизики

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль содержит дисциплины «Переменные звезды», «Методы звездной динамики» и дает студентам базовые знания в специализированных областях астрофизики: изучение переменных звезд, динамика звездных систем. В курсе «Переменные звезды» изучаются звезды, которые в силу эволюционных (физических) и (или) геометрических факторов испытывают переменность блеска. Рассматривается их исключительная роль в создании шкалы расстояний и определении физических характеристик звезд. В курсе «Динамика звездных систем» изучается движение звезд под влиянием действующих на них сил в звездных системах. Основной задачей звездной динамики является исследование особенностей и механизмов динамической эволюции звездных систем.

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 звездной динамики	3
2	Переменные звезды	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Общая астрометрия2. Общая и сферическая астрономия3. Небесная механика
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Звездная астрономия2. Методы астрономических наблюдений3. Метрологическое обеспечение научных исследований4. Методы теоретической астрофизики5. Дополнительные главы астрофизики и звездной астрономии6. Дополнительные главы астрометрии и небесной механики7. Вычислительная астрофизика и методы обработки данных8. Теории движения небесных тел9. Междисциплинарный курсовой проект

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 звездной динамики	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области
	ПК-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности У-1 - Самостоятельно решать поставленные задачи
	ПК-9 - Способен ориентироваться в прикладных аспектах научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в их основе	З-1 - Характеризовать прикладные аспекты научных исследований
	ПК-12 - Способен ориентироваться и применять актуальные достижения математики и астрофизики для исследований динамики гравитирующих систем	З-2 - Сформулировать классические и современные задачи звездной динамики У-2 - Выделять периодические орбиты в сложных системах П-2 - Сделать выводы об устойчивости периодических орбит в скоплениях
Переменные звезды	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области
	ПК-4 - Владеет наблюдательными и	З-1 - Привести примеры основных методов наблюдательных и экспериментальных

	экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений	исследований астрономических и физических объектов и явлений У-1 - Самостоятельно применять методы наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений
	ПК-10 - Способен ориентироваться в актуальных результатах и использовать методы и возможности широкого круга активно развивающихся направлений астрономических исследований	З-4 - Классифицировать основные типы переменных звезд и их физические свойства У-4 - Анализировать кривые блеска переменных звезд П-4 - Сделать вывод о параметрах переменных звезд по данным наблюдений

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы звездной динамики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико-математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
2	Селезнев Антон Федорович	доктор физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	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:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
- Селезнев Антон Федорович, Доцент, 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	Предмет динамики звездных систем. Основные положения звездной динамики. Содержание курса динамики звездных систем.
P2	Бесстолкновительная звездная динамика	Основное уравнение звездной динамики. Теоремы Джинса и Лиувилля. Интегралы основного уравнения звездной динамики; их геометрическая интерпретация. Представление фазовой плотности через независимые первые интегралы движения. Эргодическая гипотеза. Изолирующие интегралы и области движения звезд в меридиональной сопутствующей плоскости систем с осевой симметрией. Третий интеграл движения. Отображение Пуанкаре и различные виды траекторий движения (регулярные и стохастические траектории).
P3	Стохастическое движение звезд	Особенности стохастического движения в звездных системах (экспоненциальная расходимость близких траекторий, сетка Арнольда, движение с перемешиванием, следствия перемешивания).
P4	Задачи Джинса. Симметрии в распределениях массы и скоростей звезд.	Задача Джинса в трех случаях распределения массы в звездной системе. Обратная задача Джинса.

P5	Эргодичность и перемешивание	Эргодичность и перемешивание. Основные определения. Свойства, примеры и различия эргодичности и перемешивания. К-системы. Энтропии Больцмана и Колмогорова. Их определения и основные свойства. Огрубленная функция фазовой плотности. Время достижения энтропией Больцмана своего максимального значения.
P6	Звездные сближения и релаксация	Действие иррегулярных сил. Формула Джинса. Кумулятивный эффект. Время «столкновительной» релаксации. Теорема вириала. Потенциальная энергия звездных систем. Потенциальная энергия однородного гравитирующего шара. Приложения теоремы вириала (время релаксации вириализованной системы, связь средней критической и средней квадратической скоростей движения звезд в системе). Диссипация звездных систем. Марковские процессы и поток корреляций. Квазистационарная эволюция звездных систем вследствие диссипации.
P7	Бурная релаксация	Бурная релаксация (гросс - динамическое (ГсД) – описание). Особенности бурной релаксации. Оценка времени бурной релаксации. Сравнение времён бурной и «столкновительной» релаксации. Инварианты бурной релаксации. Примеры бурной релаксации. Классификация видов фазового размешивания в бесстолкновительных системах. Наиболее вероятное равновесное состояние звездных систем после бурной релаксации. Особенности бурной релаксации (в том числе и в системах с гравитационными неустойчивостями).
P8	Динамика систем из окрестностей Солнца в Галактике	Локальная динамическая задача. Линдбладовская система координат. Точные и линеаризованные уравнения движения звезды. Условие динамической устойчивости Местной системы в поле Галактики. Приливный радиус рассеянного звездного скопления (РЗС). Интегралы движения системы звезд скопления. Уравнения движения звезды в суммарном поле точечной модели РЗС и Галактики. Особые точки и интеграл Якоби движения звезды в такой системе. Уравнение поверхности нулевых скоростей. Критическая энергия движения звезды.

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-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы звездной динамики

Электронные ресурсы (издания)

1. Данилов, В. М.; Нестационарность рассеянных звездных скоплений : монография.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/66557.html> (Электронное издание)
2. ; Курс астрофизики и звездной астрономии; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=441827> (Электронное издание)
3. Фридман, А. М.; Физика галактических дисков; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457430> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Михайлов, А. А., Дейч, А. Н., Крат, В. А., Мельников, О. А., Соболев, В. В.; Т. 2; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1962 (4 экз.)
2. Фридман, А. М.; Физика галактических дисков; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2011 (2 экз.)
3. Саслау, У., Романова, М. М., Фетисова, Т. С., Новиков, И. Д.; Гравитационная физика звездных и галактических систем; Мир, Москва; 1989 (1 экз.)
4. Огородников, К. Ф.; Динамика звездных систем; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1958 (4 экз.)
5. Данилов, В. М.; Структурно-динамические характеристики рассеянных звездных скоплений : Учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2004 (97 экз.)
6. Кинг, А. Р., Айвэн Р., Сурдин, В. Г., Расторгуев, А. С.; Введение в классическую звездную динамику : Учеб. пособие.; Едиториал УРСС, Москва; 2002 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Университетская библиотека онлайн. URL: <http://biblioclub.ru>
2. Электронная научная библиотека. URL: <https://elibrary.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru>

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. Система астрофизических данных NASA/ADS. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
2. Библиотека препринтов. <https://arxiv.org/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы звездной динамики

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность 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 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
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 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	
--	--	---	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Переменные звезды

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Горда Станислав Юрьевич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Преподавате ль	астрономии и геодезии
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:

- Горда Станислав Юрьевич, Преподаватель, астрономии и геодезии
- 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	Определение переменной звезды. Основные типы переменности. Фундаментальные астрофизические результаты, полученные на основе изучения переменных звезд. Содержание курса «Переменные Звезды»
P2	История открытия и каталогизации переменных звезд	Открытия переменных звезд на основе визуальных наблюдений (античность-середина XIX в.). Открытия на основе применения фотографических и фотоэлектрических методов исследования (середина XIX в. – настоящее время). Система обозначений Аргеландера. Списки и ранние каталоги переменных звезд. Общий каталог переменных звезд (история создания и структура каталога). Современное состояние каталогизации переменных звезд. Электронные каталоги.
P3	Пульсирующие переменные звезды	Основы теории звездных пульсаций. Классические цефеиды. Пульсирующие переменные сферической составляющей Галактики. Долгопериодические пульсирующие переменные. Пульсирующие переменные ранних спектральных классов. Коротко периодические пульсирующие переменные
P4	Затменные переменные звезды	Затменные переменные звезды как тесные двойные системы. Классификация затменных переменных звезд. Эволюционные особенности затменных переменных звезд. Методы

		определения физических параметров компонентов затменных переменных звезд
P5	Катаклизмические переменные	Новые и карликовые Новые звезды. Сверхновые звезды. Катаклизмические переменные - источники рентгеновского излучения. Другие типы переменности

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-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Переменные звезды

Электронные ресурсы (издания)

- Горда, С. Ю.; Современные астрономические спектрометры и методы обработки спектрограмм : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/66593.html> (Электронное издание)
- Цесевич, В. П.; Переменные звезды и их наблюдение; Наука, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481261> (Электронное издание)
- , Сурдин, В. Г.; Звезды : монография.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69347> (Электронное издание)
- Черепашук, А. М.; Тесные двойные звезды : монография. 2. ; Физматлит, Москва; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275302> (Электронное издание)

Печатные издания

- Гоффмейстер, К., Самусь, Н. Н.; Переменные звезды : пер. с нем.; Наука, Москва; 1990 (1 экз.)
- Засов, А. В., Постнов, К. А.; Общая астрофизика : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям: 010701 - Физика, 010702 - Астрономия.; Век 2, Фрязино; 2006 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- Университетская библиотека онлайн. URL: <http://biblioclub.ru>

2. Электронная научная библиотека. URL: <https://elibrary.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru>

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. Система астрофизических данных NASA/ADS. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
2. Библиотека препринтов. <https://arxiv.org/>
3. Общий каталог переменных звезд <http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search.htm#coord>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Переменные звезды

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 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>