

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
2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1155233	Специальные главы астрофизики

Екатеринбург, 2020

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	Островский Андрей Борисович	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Согласовано:

Учебный отдел



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	4
2	Переменные звезды	4
3	Специальный астрофизический практикум	7
ИТОГО по модулю:		15

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Астрофизика, Звездная астрономия
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Методы теоретической астрофизики

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 - Знать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности У-1 - Самостоятельно решать поставленные задачи
	ПК-4 - Владеет наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений	З-1 - Знать основные методы наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений У-1 - Самостоятельно применять методы наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений
	ПК-9 - Способен ориентироваться в прикладных аспектах научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в их основе	З-1 - Знать прикладные аспекты научных исследований
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-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Знать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности У-1 - Самостоятельно решать поставленные задачи
	ПК-4 - Владеет наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений	З-1 - Знать основные методы наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений У-1 - Самостоятельно применять методы наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений
	ПК-9 - Способен ориентироваться в прикладных аспектах научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать	З-1 - Знать прикладные аспекты научных исследований

	теорию и модели, лежащие в их основе	
Специальный астрофизический практикум	ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико- математических дисциплин	РО1-В ПК1 - Опыт применения методов астрономических, физических и математических исследований при решении поставленных задач

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы звездной динамики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Селезнев Антон Федорович	кандидат физико- математических наук	доцент	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Селезнев Антон Федорович, доцент кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

Актуальные проблемы науки и техники

- Традиционная (репродуктивная) технология

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. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

- 1 Фридман, А. М. Физика галактических дисков / А. М. Фридман, А. В. Хоперсков. — М. : Физматлит, 2011. — 640 с. — Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457430>.
- 2 Саслау, У. Гравитационная физика звездных и галактических систем / У. Саслау ; пер. М. М. Романова, Т. С. Фетисова. — М. : Мир, 1989. — 526 с. — Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45349>.

Печатные издания

Основная литература

- 1 Данилов, В. М. Структурно-динамические характеристики рассеянных звездных скоплений : Учеб. пособие для вузов / В. М. Данилов .— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2004 .— 56 с. — 97 экз.

Дополнительная литература

- 1 Курс астрофизики и звездной астрономии / отв. ред. А. А. Михайлов .— Москва ; Ленинград : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1951-1964. — Т. 2 / Т. А. Агемян, Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. Г. Горбацкий [и др.] ; редкол.: А. Н. Дейч, В. А. Крат, О. А. Мельников, В. В. Соболев .— 1962 .— 688 с. — 4 экз.
- 2 Кинг, Айвэн Р. Введение в классическую звездную динамику : Учеб. пособие / А. Р. Кинг ; Пер. с англ. В. Г. Сурдина, А. С. Расторгуева .— М. : Едиториал УРСС, 2002 .— 288 с. : ил. — Библиогр.: с. 278-283 .— ISBN 5-354-00163-3 : 50-00. — 5 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

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 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 SCIRUS, <http://www.scirus.com/?PTS/>
- 3 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; Семинарские занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов	Аудитория оборудована мультимедийным проектором, компьютером и экраном. Компьютерные классы для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864- 2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень примерных вопросов для экзамена

- 1 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.
- 2 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).
- 3 Особенности стохастического движения в звездных системах (экспоненциальная расходимость близких траекторий, сетка Арнольда, движение с перемешиванием, следствия перемешивания).
- 4 Задача Джинса в трех случаях распределения массы в звездной системе. Обратная задача Джинса.
- 5 Эргодичность и перемешивание. Основные определения. Свойства, примеры и различия эргодичности и перемешивания. К-системы.
- 6 Энтропии Больцмана и Колмогорова. Их определения и основные свойства. Огрубленная функция фазовой плотности. Время достижения энтропией Больцмана своего максимального значения.
- 7 Действие иррегулярных сил. Формула Джинса. Кумулятивный эффект. Время «столкновительной» релаксации.
- 8 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).
- 9 Диссипация звездных систем. Марковские процессы и поток корреляций. Квазистационарная эволюция звездных систем вследствие диссипации.
- 10 Бурная релаксация (гросс - динамическое (ГсД) – описание). Особенности бурной релаксации. Оценка времени бурной релаксации. Сравнение времён бурной и «столкновительной» релаксации.
- 11 Инварианты бурной релаксации. Примеры бурной релаксации. Классификация видов фазового размешивания в бесстолкновительных системах.
- 12 Наиболее вероятное равновесное состояние звездных систем после бурной релаксации. Особенности бурной релаксации (в том числе и в системах с гравитационными неустойчивостями).
- 13 Локальная динамическая задача. Линдбладовская система координат. Точные и линеаризованные уравнения движения звезды. Условие динамической устойчивости Местной системы в поле Галактики.
- 14 Приливный радиус рассеянного звездного скопления (РЗС). Интегралы движения системы звезд скопления.
- 15 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.

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, доцент	доцент	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Горда Станислав Юрьевич, доцент кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

Актуальные проблемы науки и техники

- Традиционная (репродуктивная) технология

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. Короткопериодические 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
P6	Методы исследования переменных звезд	Инструменты и методы точного измерения блеска звезд. Понятие фотометрической фазы. Кривая блеска. Методы определения точных моментов минимумов или максимумов блеска. Световое уравнение. Методы исследования изменений периода.

1.3. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации

(русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

- 1 Общий каталог переменных звезд.— Режим доступа:
<http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/> (обновяемый сайт, 2000-2015)
- 2 Э.В. Вазжоров Переменные звезды, пособие
<https://vazhorov.files.wordpress.com/2013/05/variable-stars1.pdf> ,2013
- 3 Самусь, Н. Н. Переменные звезды : Учебное пособие.— Режим доступа:
http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/Samus/1_2.html
- 4 Бисикало, Д. В. Газодинамика тесных двойных звезд / Д. В. Бисикало, А. Г. Жилкин, А. А. Боярчук .— Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013 .— 632 с. — Режим доступа:
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48292

Печатные издания

- 1 Топильская, Г.П. Внутреннее строение и эволюция звезд : учебное пособие / Г.П. Топильская. — М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015.— 271 с.— Режим доступа:
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273674>.
- 2 Черепашук, А.М. Тесные двойные звезды : монография : в 2-х ч. / А.М. Черепашук. - М. : Физматлит, 2013.— Ч. 2.— 572 с.— Режим доступа:
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275302>.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

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. Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; Семинарские занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов	Аудитория оборудована мультимедийным проектором, компьютером и экраном. Компьютерные классы для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864- 2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с

			Свободно-распространяемое бесплатное ПО для моделирования кривых блеска и конфигурации тесной двойной системы StarLight Pro http://www.midnightkite.com/index.aspx?URL=Binary
--	--	--	---

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень примерных вопросов для экзамена

- 1 Понятие переменной звезды. История открытия переменных звезд .
- 2 Система обозначений Аргеландера. Общий каталог переменных звезд.
- 3 Уравнение Эддингтона. Условия раскачки и затухания колебательных процессов в звездах.
- 4 Каппа-механизм. Теория Жевакина.
- 5 Зависимость амплитуды колебания звезды от радиуса. Основные моды колебаний.
- 6 Полоса неустойчивости на диаграмме. Герцшпрунга-Рессела.
- 7 Классические цефеиды. Основные характеристики. Эволюционный статус.
- 8 Зависимость период-светимость для цефеид.
- 9 Зависимости физических параметров цефеиды от фазы колебания..
- 10 Звезды типа RR Лиры. Основные подтипы и их связь с модой колебания. Эволюционный статус. Зависимость период – светимость для переменных RR Лиры. Бимодальное распределение по периодам. Эффект Блажко.
- 11 Звезды типа W девы, их эволюционный статус.
- 12 Долгопериодические пульсирующие переменные. Мириды. Зависимость период-светимость-спектр.
- 13 Понятие тесной двойной системы (ТДС). Полости Роша. Внутренняя критическая поверхность (ВКП).
- 14 Классификация ТДС по типам кривых блеска и по степени заполнения ВКП..
- 15 Основные типы затменно-переменных звезд и эволюционный статус их компонентов.
- 16 Особенности эволюционного развития компонентов ТДС.
- 17 Эффекты взаимодействия компонентов ТДС.
- 18 Новые звезды. Характерные участки кривых блеска новых звезд
- 19 Природа взрывоподобных процессов в новых звездах..
- 20 Карликовые новые, звезды типа U Близнецов.
- 21 Сверхновые звезды. Основные характеристики кривых блеска сверхновых типа I и типа II. Эволюционный статус сверхновых звезд.
- 22 Причины взрывов сверхновых первого и второго типа. Остатки сверхновых. Пульсары.
- 23 Катаклизмические переменные. ТДС с релятивистскими компонентами. Поляры.
- 24 Краткая характеристика методов исследований переменных звезд.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Специальный астрофизический
практикум

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Островский Андрей Борисович	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	Кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Островский Андрей Борисович**, Старший преподаватель кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

Актуальные проблемы науки и техники

- Традиционная (репродуктивная) технология

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Спектры объектов межзвездной среды.
P2	Объекты моделирования	Газовые туманности. Физические условия в газовых туманностях. Методы описания процессов в туманностях. Компактные зоны ионизованного водорода. Особенности установления параметров в зонах ионизованного водорода. Спектр излучения в непрерывном спектре. Вклад тяжелых элементов.
P3	Модели объектов и процессов	Моделирование спектров. Моделирование спектров излучения и поглощения объектов межзвездной среды в линиях. Энергетический баланс объектов МЗС. Тепловой баланс среды. Анализ результатов моделирования. Интерпретация результатов моделирования и анализ роли различных компонент и процессов в среде. Метод Занстры. Применение метода максимального правдоподобия.
P4	Методы стохастического моделирования.	Генераторы случайных чисел для различных видов распределений. Генерация равномерно-распределенных случайных чисел для пространств различной топологии. Методы случайных блужданий для различных классов математических и астрофизических задач. Метод случайных блужданий для задач переноса излучения.
P5	Задачи обработки изображений.	Задачи кластеризации. Сглаживание изображений и выделение структур. Использование нейронных сетей для задач распознавания образов.
P6	Классы астрофизических задач, приводящие к проблеме массивных вычислений	Разработка и реализация вычислительных алгоритмов, пригодных к применению в задачах НРС.

1.3. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

- 1 Г. М. Рудницкий. Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия». М., МГУ, 2001. <http://comet.sai.msu.ru/~gmr/course/konspekt.zip>
- 2 Горлач, Б. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / Б. А. Горлач .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 .— 320 с.— Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4864.

- 3 Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям "Математика", "Математика. Прикладная математика" / Н. К. Смоленцев .— Изд. 4-е, доп. и перераб. — Москва : ДМК Пресс, 2014 .— 628 с.— Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1176.
- 4 Сороченко, Р.Л. Рекомбинационные радиолнии. Физика и астрономия. [Электронный ресурс] / Р.Л. Сороченко, М.А. Гордон. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2003. — 392 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59341>

Печатные издания

Основная литература

- 1 Бочкарев, Н. Г. Основы физики межзвездной среды : Учеб. пособие / Н. Г. Бочкарев .— М. : Изд-во МГУ, 1992 .— 352 с.— 12 экз.
- 2 Компьютерное моделирование в физике : учебно-методическое пособие : направление "Физика", специальность "Физика" / [сост. А. С. Овчинников, В. Е. Сеницын] .— Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2011 .— 75 с.— 20 экз.

Дополнительная литература

- 1 Физика космоса : маленькая энциклопедия / гл. ред. Р. А. Сюняев ; редкол. Ю. Н. Дрожжин-Лабинский, Я. Б. Зельдович, В. Г. Курт, Р. З. Сагдеев .— Изд. 2-е, перераб. и доп. — Москва : Советская энциклопедия, 1986 .— 783 с.— Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/FK86/>
- 2 Топильская, Г.П. Физика межзвездной среды : учебное пособие / Г.П. Топильская. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015 .— 197 с.— Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276178> (30.06.2017).

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

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 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- 3 SCIRUS, <http://www.scirus.com/?PTS/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; Семинарские занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов	Аудитория оборудована мультимедийным проектором, компьютером и экраном. Компьютерные классы для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864- 2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО;

			Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с
--	--	--	---

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень примерных вопросов для зачета

- 1 Отсутствие локального термодинамического равновесия в МЗС.
- 2 Профиль линии.
- 3 Доплеровское уширение профиля линии.
- 4 Тормозное излучение ионизованного газа.
- 5 Излучение в спектральных линиях атомов и молекул.
- 6 Объемный нагрев и охлаждение МЗС.
- 7 Основные механизмы нагрева газа.
- 8 Основные механизмы охлаждения.
- 9 Влияние тяжелых элементов на тепловой баланс нейтральной и ионизованной среды.
- 10 Физические условия в зонах НП.
- 11 Радиус стационарной зоны НП.
- 12 Определение параметров зон НП по наблюдаемым данным.
- 13 Вклад пылевой компоненты на формирование спектров излучения и поглощения газовых облаков.
- 14 Формирование спектров поглощения и излучения планетарных туманностей.
- 15 Роль космических лучей в установлении теплового баланса среды.
- 16 Генераторы случайных чисел для различных видов распределений.
- 17 Генерация равномерно-распределенных случайных чисел для пространств различной топологии.
- 18 Методы случайных блужданий для различных классов математических и астрофизических задач.
- 19 Метод случайных блужданий для задач переноса излучения.
- 20 Задачи кластеризации.
- 21 Сглаживание изображений и выделение структур. Использование нейронных сетей для задач распознавания образов.
- 22 Разработка и реализация вычислительных алгоритмов, пригодных к применению в задачах НРС.