

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт естественных наук и математики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А.В. Германенко  
20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Физика космоса, астрономия	Код ПА 1.3.1.
Группа специальностей Физические науки	Код 1.3.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор. физ.-мат. наук, доцент	заведующий кафедрой	кафедра астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды Института естественных наук и математики

**Рекомендовано:**

**Учебно-методическим советом Института естественных наук и математики**

Председатель учебно-методического совета ИЕНиМ  
Протокол № 5 от 17.05.2022 г.

Е.С. Буянова

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

Е.А. Бутрина

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина «Физика космоса, астрономия» посвящена описанию физической картины мира, раскрытию природы наблюдаемых процессов и явлений в космическом пространстве и на космических объектах, использованию получаемой информации для развития других научных специальностей и прежде всего фундаментальных направлений физики и смежных направлений астрономии. В курсе «Физика космоса, астрономия» рассматриваются: физические процессы, связанные с генерацией излучения, распространения и поглощения излучения в космических средах; методы анализа электромагнитного излучения в различных спектральных диапазонах в применении к астрономическим наблюдениям; физические свойства космических объектов (планет, звезд, галактик и их систем) межпланетной, околозвездной, межзвездной и межгалактической среды, базирующиеся на астрономических наблюдениях; вопросы происхождения, движения и эволюции космических объектов на базе фундаментальных физических теорий и астрономических наблюдений; формирование крупномасштабной структуры и космологической эволюции Вселенной как целого, включая ранние стадии ее расширения, объяснение происхождения галактик, звезд, планет и их систем; космические факторы, определяющие условия образования и существования жизни на Земле и других планетах.

## **1.2. Язык реализации дисциплины - русский**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Дисциплина «Физика космоса, астрономия» относится к базовой части программы аспирантуры, направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### **Знать:**

- современные научные достижения, в том числе в междисциплинарных областях;
- теоретические основы астрономии и физики космоса с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

### **Уметь:**

- анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

### **Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- участвовать в работе российских и/или международных исследовательских коллективов по решению научных задач;
- самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физики космоса и астрономии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
- решать астрономические, физические и математические проблемы, возникающие при проведении научных исследований как теоретического, так и экспериментального (наблюдательного) характера.

- развивать теоретические основы физики космоса и астрономии с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники.
- анализировать результаты научно-исследовательской работы, подготавливать научные публикации, рецензировать и редактировать научные статьи.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	<b>Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>104</b>	<b>1</b>	<b>104</b>
5.	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	<b>1</b>	Экзамен, 18
6.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>108</b>	<b>5</b>	<b>108</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>3</b>		<b>3</b>

#### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	<b>Небесная механика.</b> <i>Лекции 1 час; самостоятельная работа аспиранта, 21 час.</i>	Задача двух тел, задача $N$ тел, задача трех тел, аналитические и качественные методы, динамика планетных систем, теория движения искусственных спутников Земли
2	<b>Астрометрия.</b> <i>Самостоятельная работа аспиранта, 20 часов.</i>	Общая, практическая и фундаментальная астрометрия
3	<b>Астрофизика.</b> <i>Лекции 1 час; самостоятельная работа аспиранта, 21 час.</i>	Практическая, общая и теоретическая астрофизика.
4	<b>Звездная астрономия.</b> <i>Лекции 1 час; Самостоятельная работа аспиранта, 21 час.</i>	Галактическая астрономия
5	<b>Астрохимия.</b> <i>Лекции 1 час; самостоятельная работа аспиранта, 21 час.</i>	Радиоастрономия, физика межзвездной среды, астрохимия

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Практические занятия

не предусмотрено

#### 3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

##### 3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

не предусмотрено

##### 3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

не предусмотрено

### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)

	изменяющейся ситуации	изменяющейся ситуации	
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

не предусмотрено

### 4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Явления прецессии, нутации, аберрации и рефракции. Приведение на видимое место.
2. Методы определения основных астрометрических постоянных. Теоретические связи между постоянными. Системы астрономических постоянных.
3. Геометрический, кинематический и динамический методы построения системы отсчета.
4. Измерение времени: шкала атомного времени IAT. Классические шкалы времени UT0, UT1, UT2, ET. Релятивистские шкалы времени TDT и TDB, TT, TCG, TCB.
5. Хранение и воспроизведение шкал времени и эталонных частот. Методы их распространения и синхронизации.
6. Меридианная астрометрия. Теория и устройство основных меридианных инструментов. Методы абсолютных и относительных определений координат.
7. Звездные каталоги и их систематические ошибки. Вывод фундаментальной системы звездных положений и собственных движений. Ориентировка системы координат. Относительные и сводные каталоги. Важнейшие фундаментальные каталоги.
8. Фотографическая астрометрия. Астрографы. Измеренные и стандартные координаты. Методы Тернера и Шлезингера. Фотографические определения координат Луны, планет и ИСЗ.
9. Определение собственных движений и параллаксов звезд. Использование галактик для вывода ошибок системы собственных движений звезд.
10. Фотографические каталоги. Карта неба, каталоги Астрономического общества (AGK), каталог PPM.
11. Использование ПЗС в астрометрии.
12. Техника лазерной локации ИСЗ и Луны.
13. Методы позиционных измерений небесных объектов с помощью космических аппаратов. Проекты Hipparcos, Gaia.
14. Интерферометрические методы в астрометрии. Наземные и космические интерферометры.
15. Спутниковые навигационные системы. Орбитальные и наземные технические средства.
16. Радиointерферометры со сверхдлинной базой (РСДБ), устройство, принцип измерений. Корреляционная обработка сигналов в РСДБ.
17. Радиоастрономические методы определения координат объектов, неравномерности вращения Земли, движения полюсов и расстояний на поверхности Земли.
18. Небесная опорная система координат (ICRS) и земная опорная система координат (ITRF).
19. Радиолокационные и радиointерферометрические методы наблюдений тел Солнечной системы.
20. Методы согласования оптических и радиосистем координат.

21. Уравнения Эйлера, Пуассона, Лиувилля.
22. Неравномерность вращения Земли вокруг оси. Движение полюсов.
23. Инструменты для изучения вращения Земли: пассажный инструмент, зенит-телескоп, призменная астролябия, фотографическая зенитная труба, РСДБ, лазерный дальномер, глобальные навигационные спутниковые системы.
24. Интерпретация движения полюсов и неравномерности вращения Земли. Короткопериодические, сезонные, вековые вариации вращения Земли. Чандлеровское движение полюса.
25. Международная Служба Вращения Земли (IERS), ее организации и задачи. Стандарты IERS.
26. Изучение прецессии и нутации оси вращения Земли методами РСДБ.
27. Невозмущенное движение. Уравнения движения в задаче двух тел и их решение. Возмущенное движение. Уравнения движения  $N$  тел и их первые интегралы. Уравнения движения в координатах Якоби.
28. Уравнения движения Эйлера и Лагранжа в оскулирующих элементах. Теория возмущенного движения. Малые параметры в теории движения планет и спутников. Промежуточные орбиты. Разложение пертурбационной функции.
29. Интегрирование с помощью рядов по степеням времени (метод неопределенных коэффициентов и метод рядов Ли).
30. Формальное интегрирование уравнений движения в элементах промежуточной орбиты методом малого параметра Ляпунова—Пуанкаре. Малые знаменатели. Резонанс.
31. Теоремы Пуанкаре о ранге и классе возмущений. Сходимость в методе малого параметра.
32. Формальное интегрирование методом осреднения. Асимптотический характер метода осреднения.
33. Канонические преобразования. Метод Гамильтона-Якоби.
34. Метод преобразований Ли в теории возмущений. Теория вековых возмущений.
35. Уравнения поступательно-вращательного движения небесных тел. – Стационарные решения этих уравнений.
36. Переменные действие—угол. Интегрируемые системы. Теорема Лиувилля Теоремы Брунса и Пуанкаре об интегрируемости задачи нескольких тел.
37. Сохранение фазового объема. Периодические орбиты. Методы Ляпунова и Пуанкаре. Функция последования.
38. Условно-периодические функции. Среднее значение. Инвариантные торы. Основные идеи метода Колмогорова — Арнольда — Мозера.
39. Основы первого и второго методов Ляпунова определения устойчивости движения. Орбитальная устойчивость. Устойчивость по Лагранжу. Устойчивость по Пуассону.
40. Ограниченная задача трех тел. Интеграл Якоби. Топология поверхностей Хилла. Устойчивость точек либрации. Семейства периодических решений вблизи точек либрации.
41. Основы теории гравитационного потенциала. Представление потенциала в виде разложения по сферическим функциям. Сходимость разложения. Гравитационный потенциал Земли, Луны, планет. Масконы.
42. Основы теории фигуры Земли. Методы определения параметров гравитационного поля и фигуры.
43. Возмущенное движение спутников. Промежуточная орбита. Возмущающие факторы в движении естественных спутников планет. Возмущающие факторы в движении искусственных спутников Земли.
44. Разложение возмущающей функции, обусловленной не центральностью гравитационного поля планеты. Возмущения от зональных гармоник. Возмущения от тессеральных и секториальных гармоник. Возмущающая функция от притяжения внешнего тела. Лунно-солнечные возмущения ИСЗ.
45. Интегрирование уравнений обобщенной задачи двух неподвижных центров. Характер движения. Формулы промежуточной орбиты. Возмущения на основе промежуточной орбиты обобщенной задачи двух неподвижных центров.
46. Задача Хилла и ее использование в теории движения.

47. Возмущения, вызываемые сопротивлением атмосферы планеты. Возмущения от светового давления и приливов в теле упругой планеты.
48. Постановка задачи определения орбит. Определение орбиты по двум положениям. Основы методов Лапласа и Гаусса определения орбиты по трем угловым наблюдениям.
49. Метод дифференциального уточнения параметров движения небесных тел из наблюдений. Метод наименьших квадратов при известной ковариационной матрице наблюдений. Метод коллокации. Метод наименьших модулей.
50. Построение условных уравнений при уточнении элементов орбит спутников из лазерных и радиотехнических наблюдений.
51. Структура Галактики. Подсистемы Галактики.
52. Кинематика Галактики. Характеристики вращения и распределений остаточных скоростей.
53. Модели Галактики и орбиты звезд в них.
54. Динамика бесстолкновительных звездных систем. Уравнение Больцмана. Интегралы движения.
55. Теория движения в поле ротационно-симметричного потенциала. Поле направлений движения.
56. Фигуры равновесия небесных тел.
57. Оптические телескопы. Эффективность телескопов, связь с качеством изображения. Методы достижения высокого углового разрешения. Активная и адаптивная оптика.
58. Принципы спектрального анализа. Спектрографы. Спектральное разрешение и факторы, его определяющие.
59. Солнечные телескопы: целостат, коронограф. Принципы измерения магнитных полей на Солнце.
60. Приемники оптического излучения. Фотоэлектрический умножитель. Приборы с зарядовой связью. Понятие квантового выхода. Особенности регистрации инфракрасного излучения.
61. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии. Поляризационные наблюдения.
62. Радиотелескопы, принцип работы. Различные типы антенн (параболические, дипольные, антенные решетки). Эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.
63. Радиометры. Антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность.
64. Принципы интерферометрии. Радиоинтерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.
65. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.
66. Оптические телескопы. Оптические схемы рефлекторов и зеркально-линзовых телескопов. Механические конструкции телескопов. Экваториальные и азимутальные установки.
67. Аберрации оптических систем, способы их уменьшения. Влияние атмосферы на изображение точечного объекта. Методы повышения качества изображения. Активная и адаптивная оптика.
68. Принципы спектрального анализа. Спектральное разрешение и его зависимость от параметров спектрографа и диспергирующего элемента.
69. Классический дифракционный спектрограф. Эшелле–спектрограф. Получение спектра с использованием интерферометра Фабри—Перо.
70. Приемники оптического излучения. Фотоэлектрический умножитель. Приборы с зарядовой связью. Линейность, спектральная чувствительность.
71. Отношение сигнал/шум, понятие квантового выхода. Основные источники шумов приемника и методы их уменьшения.
72. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии. Фотоэлектрический фотометр.

73. Антенны радиотелескопов. Облучатели. Требования, предъявляемые к механическим конструкциям антенн. Ближняя и дальняя зоны антенн. Шумовая температура и эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.
74. Радиометры. Антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность. Акустооптические спектрометры.
75. Принципы интерферометрии. Радиоинтерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.
76. Абсолютное и относительное измерение потоков радиоизлучения, точность измерений. Оценка линейной и круговой поляризации радиоизлучения.
77. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Приемники излучения, используемые для далекой инфракрасной и ультрафиолетовой области, рентгеновской и гамма-областях. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.
78. Основные характеристики Солнца как звезды. Внутреннее строение. Фотосфера. Хромосфера. Корона. Солнечный ветер.
79. Активные образования на Солнце, связь с магнитными полями. Солнечные вспышки и сопровождающие их явления. Рентгеновское излучение Солнца. Спокойное и спорадическое радиоизлучение. Представление о гелиосейсмологии.
80. Основные характеристики планет (масса, плотность, характер вращения, свойства атмосферы, магнитные поля, условия на поверхности). Наземные и космические методы исследования тел солнечной системы.
81. Малые тела Солнечной системы. Спутники и кольца планет. Астероиды и пояса астероидов. Кометы.
82. Физическое состояние межпланетной среды. Метеорное вещество.
83. Радиоизлучение планет. Радиолокационные методы исследования планет и малых тел солнечной системы.
84. Спектральная классификация звезд, ее физическая интерпретация.
85. Светимости, эффективные температуры и показатели цвета звезд. Прямые и косвенные методы определения из наблюдений размеров и масс звезд.
86. Источники энергии на различных стадиях эволюции звезд. Эволюционные треки звезд различной массы на диаграмме Герцшпрунга — Рессела (диаграмме цвет—светимость). Конечные стадии звездной эволюции. Вырожденные звезды (белые карлики), нейтронные звезды, черные дыры, их физические свойства и наблюдаемые проявления. Радиопульсары.
87. Двойные и кратные звезды. Затменно-переменные. Функция масс и оценка масс компонент в двойных системах.
88. Тесные двойные системы и особенности их эволюции. Аккреция на компактные звезды. Рентгеновские источники в двойных системах. Новые звезды. Барстеры.
89. Переменные и нестационарные звезды. Пульсирующие переменные (цефеиды, долгопериодические переменные, переменные типа КК Лиры). Звезды с оболочками (Ве, МК). Звезды типа Т Тельца. Объекты Ae/Be Хербига. Катаклизмические переменные.
90. Сверхновые звезды, типы сверхновых, наблюдаемые особенности. Процессы, приводящие к взрыву. Роль сверхновых в обогащении межзвездной среды тяжелыми элементами.
91. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Излучение и распространение радиоволн в тепловой плазме. Космические источники теплового и нетеплового излучения в различных областях спектра.
92. Механизмы переноса энергии. Уравнение переноса. Локальное термодинамическое равновесие. Эддингтоновский предел светимости.
93. Источники поглощения в континууме в атмосферах звезд и форма непрерывных спектров для звезд различных классов.
94. Модели звездных атмосфер. Механизмы образования линий поглощения. Понятие эквивалентной ширины линий. Профили линий, механизмы уширения линий. Кривая роста. Химический состав звездных атмосфер.

95. Уравнения, описывающие внутреннее строение звезд. Строение звезд различных спектральных классов. Уравнение состояния вырожденного газа. Предельная масса белых карликов и нейтронных звезд.
96. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Магнитотормозное излучение. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Время высвечивания. Обратный Комптон-эффект.
97. Строение Галактики. Звездные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики, наблюдаемые проявления. Ядро Галактики.
98. Звездные скопления и ассоциации. Интерпретация диаграмм цвет-звездная величина.
99. Звездная кинематика. Движение Солнца относительно звезд. Вращение Галактики. Связь кинематических свойств с пространственным распределением объектов.
100. Звездная динамика. Фазовая плотность и уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и ее применение. Регулярные и иррегулярные силы. Время релаксации. Интеграл столкновений.
101. Гравитационная устойчивость тонкого вращающегося диска. Дисперсионное уравнение. Спиральные ветви, представление о волнах плотности.
102. Физическое состояние межзвездного газа. Молекулярные облака, области H I и HI, корональный газ, мазерные конденсации. Механизмы излучения газа в различных состояниях.
103. Оптическое излучение межзвездного газа. Запрещенные линии. Газовые туманности различных типов. Радиолинии. Мазерные источники.
104. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция.
105. Гравитационная неустойчивость газовой среды и конденсация газа. Протозвезды и молодые звезды. Околзвездные диски. Области звездообразования.
106. Межзвездная пыль, наблюдаемые проявления. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение и его учет.
107. Межзвездные магнитные поля, наблюдаемые проявления. Понятие вмороженности поля. Космические лучи, их проявления, основные источники. Распространение космических лучей в магнитном поле Галактики.
108. Классификация галактик. Особенности структуры галактик разных морфологических типов. Содержание газа и звездообразование в галактиках.
109. Размеры, светимость, скорость вращения и масса галактик, принципы их оценок. Проблема существования темного гало. Карликовые галактики, наблюдаемые особенности.
110. Группы и скопления галактик. Взаимодействующие галактики. Межгалактический газ в системах галактик.
111. Галактики с активными ядрами. Квазары. Представление о механизмах активности.
112. Радиоизлучение галактик и их ядер. Радиогалактики: мощность радиоизлучения, радиоструктура. Радиоджеты.
113. Шкала расстояний, закон Хаббла. Крупномасштабное распределение галактик.
114. Фридмановские модели расширяющейся Вселенной, понятие критической плотности и космологической постоянной. Постоянная Хаббла и «возраст» Вселенной.
115. Реликтовое излучение, его происхождение. Флуктуации яркости. Ранние стадии расширения Вселенной. Первичный нуклеосинтез.
116. Проблема образования галактик. Ожидаемые свойства молодых галактик. Галактики на больших красных смещениях.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1.Рекомендуемая литература**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. М.: Физматлит, 2010.
2. Язев С.А. Лекции о Солнечной системе.— Изд. 2-е, испр. и доп. — СПб. [и др.] : Лань, 2011 .— 381, [1] с.
3. Шази Ж. Теория относительности и небесная механика. Т. 1.— Москва ; Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2011 .— 260 с.
4. Бисноватый-Коган Г.С. Релятивистская астрофизика и физическая космология. — Москва : URSS : КРАСАНД, 2011 .— 376 с.
5. Засов А. В. Общая астрофизика. — [2-е изд., испр. и доп.] .— Фрязино : Век 2, 2011 .— 573 с.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

*[список с указанием наименований из ЭБС]*

1. Ковалевский Ж. Современная астрометрия. Фрязино: Век-2, 2004.
2. Дубошин Г.Н. Небесная механика: основные задачи и методы. М., Наука, 1975.
3. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1964.
4. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М., Наука, 1968.
5. Куликов К.А. Сферическая астрономия. М.: Наука, 1975.
6. Подобед В.В., Нестеров В.В. Общая астрометрия. М.: Наука, 1982.
7. Киселев А.А. Теоретические основы фотографической астрометрии. М.: 1989.
8. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики, М.: Наука, 1977.
9. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, М.: Наука, 1988.
10. Физика космоса: маленькая энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986.
11. Куликовский П.Г. Звездная астрономия. М.: Наука, 1985.

### **5.2. Методические разработки**

Не используются

### **5.3.Программное обеспечение**

1. Microsoft office (Word, Excel, Power point);
2. Adobe Reader
3. Программный пакет GILDAS: <http://www.iram.fr/IRAMFR/GILDAS/>
4. Программный пакет IRAF: <http://iraf.noao.edu/>
5. Программный пакет SAOImage DS9: <http://ds9.si.edu/site/Home.html>
6. Программный пакет OrbFit: <http://adams.dm.unipi.it/~orbmain/orbfit/>
7. Издательская система MiKTeX: <https://miktex.org>

### **5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxys.com>;
5. SciFinder <https://scifinder.cas.org>
6. Espacenet <https://ru.espacenet.com>
7. РИНЦ <https://www.elibrary.ru>
8. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
9. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;

10. Цифровая библиотека по физике и астрономии ADS, [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)
11. Российская астрономическая сеть Астронет, <http://www.astronet.ru>
12. Сервис доступа к опубликованным астрономическим базам данных и каталогам, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
13. База химических реакций для астрохимии KIDA, <http://kida.obs.u-bordeaux1.fr/>

### **5.5. Электронные образовательные ресурсы**

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru;>
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76;>
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru;>
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330;>
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75;>
6. Электронные ресурсы по подписке [http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379.](http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379;)

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.