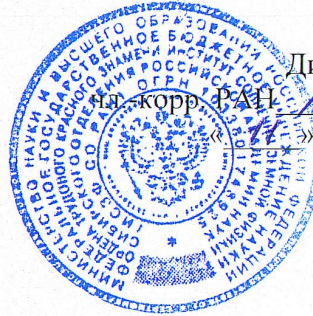


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЗФ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИСЗФ СО РАН  
А.В. Медведев  
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Д.5 Физика космоса, астрономия**

**Научная специальность 1.3.1 Физика космоса, астрономия**

Иркутск 2022

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал доктор физико-математических наук, профессор	А.Т. Алтынцев
РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	С.А. Анфиногентов
РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	Л.К. Кашапова

## 1. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика космоса, астрономия» входит в образовательный компонент основной профессиональной образовательной программы по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Дисциплина является обязательной для обучающихся в аспирантуре по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Знания и умения, приобретаемые аспирантами после изучения дисциплины, будут использоваться для решения научных задач на этапе получения и обработки экспериментального материала, и направлены на подготовку к сдаче кандидатского экзамена и к дальнейшей научной работе.

## 2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

**Целью** дисциплины «Физика космоса, астрономия» является получение фундаментальных знаний и возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении практик, написания научных работ, в своей научной деятельности.

**Задачами** дисциплины «Физика космоса, астрономия» является освоение:

- Основных результатов экспериментальных и теоретических результатов исследований физических процессов на Солнце и звездах, межпланетном и околоземном пространстве и других космических явлениях
- Основных методов исследования процессов в околоземной среде и явлений в астрофизике
- Современных представлений о природе физических процессов космических явлений

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины «Физика космоса, астрономия» аспирант должен приобрести знания и умения, необходимые для его дальнейшего профессионального становления, а именно:

**Знать:** современные представления о космических явлениях, современные методы наблюдений и анализа данных

**Уметь:** анализировать и интерпретировать полученные результаты исследований астрофизических объектов и космических явлений.

**Владеть:** навыками работы с современными методами анализа научных данных, в том числе способностью планировать и проводить научные исследования астрофизических явлений и процессов в космической плазме, оценивать их результаты

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	<b>36/1</b>
В том числе:	
Лекции	36/1
Семинары	
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>36/1</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (кандидатский экзамен)</b>	<b>36/1</b>
<b>Контактная работа</b> (всего)	<b>36</b>
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<b>108/3</b>

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

#### Раздел 1. Общая астрофизика

##### Тема 1 Общие сведения о формировании излучения космических явлений

- Основные механизмы генерации излучения астрофизической плазмы от видимого диапазона до рентгеновского. Синхротронный механизм как индикатор роли магнитного поля
- Образование спектральных линий. Формирование непрерывного спектра. Спектральные линии и полосы. Фотометрия. Система UBVR и другие системы. Теллурические линии. Эффект Доплера. Эффект Зеемана. Эффект Штарка.

##### Тема 2 Инструменты и методы астрофизических наблюдений.

- Окна прозрачности земной атмосферы. Влияние земной атмосферы на качество наблюдений.
- Спектрограф, дифракционная решетка. Интерференционно-поляризационный фильтр. Эталоны Фабри–Перо.
- Поляризация света. Поляриметрия. Параметры Стокса. Поляриды. Призма Волластона. Пластинки  $X/2$  и  $X/4$ . Электрооптические устройства.
- Антенные решетки радиоинтерферометров. Требования к минимальной базе. Чувствительность по плотности потока и по яркостной температуре.

##### Тема 3. Стационарные звезды

- Общие характеристики звезд. Спектральная классификация звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела.
- Ядерные реакции в звездах: водородный и CNO-циклы.
- Уравнение гидростатического равновесия. Эддингтоновский предел светимости.
- Соотношения масса светимость и масса-радиус для звезд главной последовательности. Конвекция. Атмосферы звезд. Звездное динамо.

##### Тема 4. Переменные звезды

- Пульсации звезд. Цефеиды. Зависимость период-светимость. Различные типы пульсирующих переменных.
- Двойные системы. Затменные переменные звезды.
- Потеря массы звездами главной последовательности. Звезды типа Вольфа-Райе. Звездный ветер у звезд разных спектральных классов.

##### Тема 5. Эруптивные переменные звезды

- Двойные и тесные двойные системы. Затменные переменные звезды. Приближение Роша и полость Роша. Обмен массами в тесных двойных системах. Катаклизмические и симбиотические звезды.
- Звезды типа Тельца и родственные им объекты
- Звездные вспышки и их связь с параметрами звездного динамо.
- Новые и сверхновые звезды. Источники галактических космических лучей.
- 

##### Тема 6. Элементы физики галактик

- Состав и структура галактик различных морфологических типов.
- Движение газа и звезд. Кривые вращения галактических дисков. Связь кривой вращения с распределением массы в галактике. Проблема темного гало.
- Физическая природа спиральной структуры. Содержание газа и звездообразование в галактиках.
- Взаимодействие галактик. Активные ядра: наблюдаемые проявления, источник энергии



## **Тема 7. Основы космологии**

- Расширение Вселенной.
- Закон Хаббла. Физическая интерпретация красного смещения.
- Космологическая постоянная и темная энергия. Гравитационные линзы
- Параметры космологических моделей. Современная космологическая модель и методы её проверки.

## **Раздел 2. Физика Солнца**

### **Тема 1. Особенности наблюдений Солнца.**

- Горизонтальные и башенные телескопы. Фотогелиографы и хромосферные телескопы. Внезатменный коронограф: типа Лио; с внешним затмением. К-коронометр.
- Измерения магнитных полей на Солнце и эффект Зеемана. Солнечные магнитографы и стоксметры. Вектор-магнитограф.
- Наземные обсерватории. Орбитальные обсерватории. Обзор существующих радиотелескопов. Перспективные проекты.

### **Тема 2. Солнце как звезда - основные характеристики, внутреннее строение.**

- Солнце как звезда (спектральный класс, класс светимости, положение Солнца на диаграмме Герцшпрунга–Рассела и химический состав)
- Внутреннее строение и дифференциальное вращение Солнца

### **Тема 3. Атмосфера Солнца – структура.**

- Фотосфера, ее основные параметры
- Хромосфера, параметры хромосферной плазмы
- Корона, параметры корональной плазмы. проблема нагрева солнечной короны.
- Крупномасштабные магнитные поля Солнца. Корональные дыры. Пояс корональных стримеров

### **Тема 4. Атмосфера Солнца - объекты и явления**

- Физическая природа солнечных пятен.
- Структура активной области на разных
- Сценарии солнечных вспышек и выбросов корональной массы.

### **Тема 5. Цикл солнечной активности, теория динамо**

- Основной (11-летний) цикл солнечной активности: основные наблюдаемые характеристики. Индексы солнечной активности. Глобальные минимумы солнечной активности.
- Правила Хейла и Джоя.
- Вращение лучистой зоны Солнца. Солнечный тахоклин. Два основных эффекта солнечного динамо. Сценарий солнечного цикла.

### **Тема 6. Солнце и межпланетная среда**

- Солнечный ветер - источники и характеристики. Изменения солнечного ветра в цикле активности. Секторная структура крупномасштабного поля и спираль Паркера.
- Солнечные космические лучи.

## **Раздел 3. Межпланетная среда и гелиосфера**

### **Тема 1. Структура магнитосферы Земли. Основные понятия**

- Формирование магнитосферы; перенос энергии, вещества и импульса от солнечного ветра в магнитосферу.
- Структура магнитосферы. Магнитосферная конвекция. Электрические поля. Токи во внешней магнитосфере.
- Электрические поля и токи в плазмосфере. Теория атмосферного динамо.

### **Тема 2. Общие понятия магнитосферы Земли. Геомагнитные пульсации**

- Геомагнитные вариации. Связь геомагнитного поля и состояния магнитосферы с параметрами солнечного ветра. Частицы и волны в магнитосфере.
- Собственные колебания магнитосферы. Наблюдения волн в плазме, солнечного ветра и магнитосферы
- Геомагнитные пульсации. Классификация. Механизмы генерации и распространения пульсаций. Гидромагнитная диагностика. Спутниковые и наземные наблюдения пульсаций, связь их с другими геофизическими явлениями.

### Тема 3. Общие понятия магнитосферы Земли. Геомагнитная активность

- Радиоаврора. Морфология, классификация и механизмы образования
- Полярные сияния. Морфология полярных сияний. Суббури в полярных сияниях. Спектры свечения ночного неба и полярных сияний. Механизмы возбуждения основных эмиссий.
- Магнитосферные возмущения. Бури, суббури и микросуббури. Морфология. Повторяемость пространственно-временной структуры суббурь и их фазы. Индексы геомагнитной активности

### Тема 4. Строение солнечной системы

- Межпланетная среда.
- Планеты и их магнитосферы
- Малые тела в Солнечной системе
- Модели образования Солнечной системы

### Тема 5. Задачи и составляющие космической погоды.

#### 5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия		СРС
			Лекции	Практические занятия	
1	Общая астрофизика	28	14		14
2	Физика Солнца	24	12		12
3	Межпланетная среда и гелиосфера	20	10		10
4	Экзамен	36	-	-	-
<b>Итого (часы)</b>		<b>108</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>36</b>
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>3</b>			

#### 5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1	Исследовательская практика	P.1-3

#### 5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 1 Общие сведения о формировании излучения космических явлений	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
2	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 2. Инструменты и методы астрофизических наблюдений.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
3	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 3. Стационарные звезды.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
4	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 4. Переменные звезды	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
5	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 5. Эруптивные переменные звезды	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
6	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 6. Элементы физики галактик	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
7	Раздел 1. Общая астрофизика. Тема 7. Основы космологии	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
8	Раздел 2. Физика Солнца. Тема 1. Особенности наблюдений Солнца.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
9	Раздел 2. Физика Солнца. Тема 2. Солнце как звезда - основные характеристики, внутреннее строение.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
10	Раздел 2. Физика Солнца. Тема 3. Атмосфера Солнца – структура.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
11	Раздел 2. Физика Солнца. Тема 4. Атмосфера Солнца - объекты и явления.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование

12	Раздел 2. Физика Солнца. Тема 5. Цикл солнечной активности, теория динамо.	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
13	Раздел 2. Физика Солнца. Тема 6. Солнце и межпланетная среда	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
14	Раздел 3. Межпланетная среда и гелиосфера. Тема 1. Структура магнитосферы Земли. Основные понятия	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
15	Раздел 3. Межпланетная среда и гелиосфера. Тема 2 Общие понятия магнитосферы Земли. Геомагнитные пульсации	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
16	Раздел 3. Межпланетная среда и гелиосфера. Тема 3 Общие понятия магнитосферы Земли. Геомагнитна активность	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
17	Раздел 3. Межпланетная среда и гелиосфера. Тема 4 Строение солнечной системы	Лекция	2	Устный опрос Тестирование
18	Раздел 3. Межпланетная среда и гелиосфера. Тема 5. Задачи и составляющие космической погоды.	Лекция-беседа	2	Устный опрос Тестирование

#### 5.4 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Данный вид занятий не предусмотрен

#### 5.5 Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Рекомендуемая литература	Всего часов
1	Общие сведения о формировании излучения космических явлений.	Конспектирование	а) основная литература 5, 11, 14, 18 б) дополнительная литература 8-10, 13,19	2
2	Инструменты и методы астрофизических наблюдений	Конспектирование	а) основная литература 2, 14, 18, 19, 22, 23 б) дополнительная литература 18	2



3	Стационарные звезды.	Конспектирование	а) основная литература 1,2,11 б) дополнительная литература 2,3, 13	2
4	Переменные звезды.	Конспектирование	а) основная литература 1,2,6, 11 б) дополнительная литература 2, 3	2
5	Эруптивные переменные звезды	конспектирование	а) основная литература 1, 2, 6, б)дополнительная литература 2, 3	2
6	Элементы физики галактик	конспектирование	а) основная литература 2, 3, 4, 5 б) дополнительная литература 1, 5	2
7	Основы космологии	Конспектирование	а) основная литература 2, 3, 4 б) дополнительная литература 5	2
8	Особенности наблюдений Солнца	конспектирование	а) основная литература а) 14,15,16,19,25 б) дополнительная литература 18	2
9	Солнце как звезда - основные характеристики, внутренние строение	конспектирование	а) основная литература 17, 18, 19 б) дополнительная литература 13	2
10	Атмосфера Солнца – структура.	конспектирование	а) основная литература 1,2,18,17,19 б) дополнительная литература 12	2
11	Атмосфера Солнца - объекты и явления	конспектирование	а) основная литература 1,2, 3,7,10,17,19 б)дополнительная литература 9, 11,14, 15	2

12	Цикл солнечной активности, теория динамо.	конспектирование	а) основная литература 2,15, 16, 21, 25 б)дополнительная литература 7, 16, 17,	2
13	Солнце и межпланетная среда	конспектирование	а) основная литература 13,15,16,17,18,20 б)дополнительная литература 7, 24	2
14	Структура магнитосферы Земли. Основные понятия	конспектирование	а) основная литература 15, 16, 27-29, 33-35 б) Дополнительная литература 9, 24, 25-27	2
15	Общие понятия магнитосферы Земли. Геомагнитные пульсации	конспектирование	а) основная литература 15, 16, 30, 31 б) Дополнительная литература 28	3
16	Общие понятия магнитосферы Земли. Геомагнитна активность	конспектирование	а) основная литература 15-16, 28, 31, 32, 34 б) Дополнительная литература 20-23, 25-27,28	3
17	Строение солнечной системы	конспектирование	а) основная литература 2, 4, 12 б) Дополнительная литература 2, 13	2

### 5.6. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

При проведении конспектирования студенту рекомендуется придерживаться следующего плана работы:

- 1) изучить материалы темы, выделяя главное и второстепенное;
- 2) установить логическую связь между элементами темы;
- 3) выделить понятия, термины, использованные в ходе лекции, которые требуют разъяснений;
- 4) последовательно и кратко изложить своими словами существенные положения изучаемого материала;
- 5) оформить рукопись

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика, М.: Фрязино, 2006. - 496 с.	1 экз.
2. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2004.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
3. Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков. Строение и эволюция Вселенной. М., Наука, 1975.	1 экз.
4. Физика космоса. Маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1986	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
5. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, 4-е изд., М.: Наука, 1988.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
6. Гоффмейстер К., Рихтер Г., Венцель В. Переменные звезды. М.: Наука, 1990	1 экз.
7. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
8. Каплан С.А., Цытович В.Н., Плазменная астрофизика, М.: Наука, 1972.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
9. Солнечная и солнечно-земная физика: Иллюстрированный словарь терминов. М.: Мир, 1980.	6 экз.
10. Прист Э., Форбс Т., Магнитное пересоединение. Магнитогидродинамическая теория и приложения. М. Мир, 1998	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
11. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, Физматлит, 1967	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
12. Брандт, Дж., Астрофизика солнечной системы : пер. с англ. под ред. Г.А. Лейкина / Дж. Брандт, П. Ходж. - М. : Мир, 1967.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
13. Космические лучи и солнечный ветер / Г.Ф. Крымский, А.И. Кузьмин, П.А. Кривошапкин и др. Новосибирск: Наука, 1981.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
14. Алтынцев А.Т., Кашапова Л.К. Введение в Радиоастрономию Солнца, Изд. ИГУ, Иркутск, 2014	5 экз.
15. Плазменная Гелиогеофизика, Под ред.Л.М.Зеленого, И.С.Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 1 том, 672с	2 экз.
16. Плазменная Гелиогеофизика, Под ред.Л.М.Зеленого, И.С.Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 2 том, 560с.	2 экз.
17. Б.П. Филиппов, Эруптивные процессы на Солнце, М. Физматлит, 2007, 216с	4 экз.
18. Aschwanden M. Physics of the solar corona: An Introduction with Problems and Solutions (Springer Praxis Books), Springer, 2006.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
19. Aschwanden M. Physics of the solar corona: An Introduction with Problems and Solutions (Springer Praxis Books), Springer, 2006.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
20. Паркер Е. Космические магнитные поля. В 2-х частях. М.: Мир, 1982	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
21. В.Н. Обридко, Ю.А. Наговицин Солнечная активность,	4 экз

цикличность и методы прогноза. Санкт-Петербург, ВВМ. 2017	
22. Краус Дж. Д. Радиоастрономия. Сов.радио. 1973	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
23. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука 1973	1 экз.
24. А. Р. Томпсон, Дж. М. Моран, Дж. У. Свенсон, Интерферометрия и синтез в радиоастрономии, «ФИЗМАТЛИТ», 2003 г.	2 экз
25. Сотникова Р.Т., Файнштейн В.Г., Кобанов Н.И., Скляр А.А. Введение в физику Солнца: учеб. пособие: Ч.2. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. 87 с.	1 экз
26. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика, Издательство Московского Университета, 2004	1 экз
27. Альвен, Г. К. Г. Фельтхаммар. Космическая электродинамика. Основные принципы: пер. с англ. М. Мир, 1967. 260 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
28. С. И. Акасофу, С. Чепмен; Солнечно-земная физика : ч.2 / Пер. с англ. под ред. Г.М. Никольского. М. Мир, 1975. 512 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
29. Шабанский В.П., Явления в околоземном пространстве. М., «Наука», 1972.	2 экз.
30. Гульельми А.В., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. М.: Наука, 1973.	2 экз.
31. Пудовкин, М. И. О. М. Распопов, Н. Г. Клейменова. Возмущения электромагнитного поля Земли, Ч.1. Полярные магнитные возмущения. Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 220 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
32. Пудовкин, М. И. О. М. Распопов, Н. Г. Клейменова. Возмущения электромагнитного поля. Ч.2. Короткопериодические колебания геомагнитного поля / М. И. Пудовкин, Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. 271 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
33. В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. Магнитосфера Земли = The Earth's magnetosphere М. Наука, 1980. 174 с.	4 экз.
34. Мальцев, Ю. П. Лекции по магнитосферно-ионосферной физике. - Апатиты : КНЦ, 1995. 125 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
35. В.А. Сергеев Лекции по физике магнитосферы. СпГУ.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

## 6.2. Дополнительная литература

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1. Сурдин В. Г. Галактики. - М. : Физматлит, 2013. - 432 с	1 экз.
2. Сурдин В.Г. Солнечная система - М. : Физматлит, 2008. - 400 с.	1 экз
3. Сурдин В.Г. Звезды М. : Физматлит, 2008. - 428 с.	2 экз.
4. Сурдин В.Г. Звезды 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2009. - 428 с.	1 экз.

5. А. Г. Дорошевич, Ю. Н. Ефремов, А. В. Засов Происхождение и эволюция галактик и звезд; ред. С. Б. Пикельнер. - М. : Наука, 1976. - 407 с.	1 экз.
6. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З.. Физика плазмы для физиков. М. Атомиздат. 1979. 165 с	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
7. Иванов-Холодный Г.С., Никольский Г.М.. Солнце и ионосфера. М.: Наука. 1969. 456 с.	3 экз.
8. Франк-Каменецкий Д.А.. Лекции по физике плазмы. М.: Атомиздат. 1968. 287 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
9. Parks G.K., Physics of Space Plasmas. Introduction, Westview Press., 2nd edition, 2004	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
10. Биттенкорт Ж.А., Основы физики плазмы, М.:Физматлит, 2009, 584 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
11. Кирко И.М., Кирко Г.Е., Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем, Научно-изд. центр "Регулярная и хаотическая динамика", 2009.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
12. Гетлинг А.В. Конвекция Рэлея-Бенара. М.: Эдиториал УРСС, 1999.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
13. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, 4-е изд., М.: Наука, 1988.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
14. Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца. М.: Изд-во МГУ, 1993	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
15.. Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики, 2-е изд. М.: Физматгиз, 1966.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
16. Витинский Ю.И., Копецкий М. Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца М. Наука. 1986. 296 с.	3 экз
17. Обридко В.Н. Солнечные пятна и комплексы активности. М.: Наука. 1985. 255 с.	3 экз
18. Христансен У., Хегбом И. Радиотелескопы. Мир. 1972	1 экз
19. Железняков В.В. Излучение в астрофической плазме	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
20 Акасофу С. И. Полярные и магнитосферные суббури: пер. с англ.- М. : Мир, 1971. - 317 с	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
21. Мишин, В. М. Спокойные геомагнитные вариации и токи в магнитосфере : монография /; отв. ред. В. Е. Степанов ; АН СССР, СО, СибИЗМИР . - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1976. 207 с.	2 экз.
22. Ляцкий В. Б. Токовые системы магнитосферно - ионосферных возмущений. Л. Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 200 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
23. Базаржапов А. Д., М. И. Матвеев, В. М. Мишин; Геомагнитные вариации и бури / отв. ред. Е. А. Пономарев ; АН СССР, СО, СибИЗМИР . - Новосибирск : Наука, 1979. 248 с.	2 экз.
24. Коваленко В.А. Солнечный ветер. М.: Наука, 1983.	4 экз.
25. Пономарев Е.А. Механизмы магнитосферных суббурь. М.: Наука, 1985.	4 экз.
26. Лайонс Л., Д.Уильямс. Физика магнитосферы. М.; Мир. 1987.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ



27. Kamide Y., W. Baumjohann. - Magnetosphere - Ionosphere Coupling [Electronic resource] /Berlin; Heidelberg : Springer - Verlag, 1993. - 175 p	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
28. Веселовский, А. П., И. П. Кропоткин. Физика межпланетного и околоземного пространства. М.: Университетская книга, 2010. - 116 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
29. Heikkila W.J. Earth`s Magnetosphere formed by the low - latitude boundary layers. Elsevier, 2011.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
30. Лазутин Л.Л. Мировые и полярные магнитные бури. М., 2012	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

### **6.3. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

1. <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>
2. Архив наблюдений радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (<http://badary.iszf.irk.ru/>)
3. База данных многолетних наблюдений солнечной активности в ГАО РАН (<http://www.gaoran.ru/database/csa/>, <http://www.gaoran.ru/database/esai/>, <http://www.gaoran.ru/english/database/sd/index.htm> )
4. Международная база данных наблюдений Солнца «Виртуальная солнечная обсерватория» <https://sdac.virtualsolar.org/cgi/search>
5. Научная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>)
6. Научные данные (материалы) издательства Cambridge University Press (<http://www.cambridge.org>)

### **6.4. Информационные, информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

1. Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
3. Журналы Американского физического общества <http://publish.aps.org/>
4. научная электронная библиотека + Российский Индекс Научного Цитирования <https://elibrary.ru>
5. Международный каталог и поисковая система по публикациям в области астрофизики [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)
6. Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://helioviewer.org/>
7. Монитор солнечной активности <https://www.solarmonitor.org>
8. Международная система индексирования публикаций Web of Science <http://webofknowledge.com>
9. Научные ресурсы зарубежного издательства Elsevier B.V. – Freedom Collection (<https://www.elsevier.com>)

### **6.5. Программное обеспечение**

Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

№	Наименование программного продукта	Кол-во	Обоснование для пользования ПО (Лицензия, Договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи лицензии	Срок действия права пользования
1	Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level	3	Номер Лицензии Microsoft 47790919	30.01.2009	бессрочно
2	Microsoft Windows Professional 7 Russian OPEN 1 License No Level Legalization Get Genuine	5	Номер Лицензии Microsoft 47771806	06.12.2010	бессрочно
3	7-Zip	1	Свободно распространяется на условиях лицензии GNU LGPL		бессрочно
4	Adobe Acrobat Reader DC	1	Лицензионное соглашение на программное обеспечение Adobe.		бессрочно
5	Mozilla Firefox	1	Свободно распространяется на условиях тройной лицензии Mozilla ( <a href="#">MPL/GPL/LGPL</a> ).		бессрочно
6	VLC Media player	1	Свободно распространяется на условиях лицензии GNU GPL		бессрочно
7	Операционная система Ubuntu	6	свободная лицензия		бессрочно
8	Дистрибутив Python Anaconda	6	свободная лицензия		бессрочно
9	Офисный пакет Libre Office	6	свободная лицензия		бессрочно

### 7. Образовательные технологии

- Лекции;
- Самостоятельная работа
- 

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

## 9. Контроль качества освоения программы аспирантуры

**Цель контроля** – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### Планируемые результаты освоения дисциплины

#### Знать

1. Строение космических объектов и явлений;
2. Современные методы наблюдений и обработки данных;
3. Физические законы, используемые для описания процессов в космической плазме.

#### Уметь

1. применять методы обработки информации, получаемой при наблюдениях;
2. применять методы организации и проведения исследований процессов в космической плазме.

#### Владеть

1. теоретической интерпретацией наблюдаемых явлений;
2. умением составления научных отчетов по проведенным исследованиям и написанию статей.

### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос для повторения и закрепления главных тезисов тем, формулирования и обсуждения проблемных вопросов или подготовка презентации на заданную тему. После освоения материала раздела учащиеся готовят коллективное сообщение по освещению основных и проблемных вопросов.

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Объектами оценивания выступают:

- Учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- Степень усвоения теоретических знаний.

### Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Раздел/ Тема	ОС	Содержание задания
Общая астрофизика	собеседование	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, подготовить сообщение
Физика Солнца	собеседование	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, подготовить сообщение
Межпланетная среда и гелиосфера	собеседование	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, подготовить сообщение

## Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

1. Основные механизмы генерации излучения астрофизической плазмы.
2. Солнечные вспышки как источники возмущений в околоземной среде. Солнечные космические лучи
3. Морфология полярных сияний. Суббури в полярных сияниях

#### Вопросы к экзамену

- 1) . Основные механизмы генерации излучения астрофизической плазмы.
- 2) Формирование непрерывного спектра. Спектральные линии и полосы. Эффект Доплера. Эффект Зеемана.
- 3) Окна прозрачности земной атмосферы. Влияние земной атмосферы на качество наблюдений. Теллурические линии.
- 4) Спектрограф, дифракционная решетка. Интерференционно-поляризационный фильтры. Фотометрические системы.
- 5) Поляриметрия. Параметры Стокса и методы измерения поляризации в различных областях электромагнитного спектра.
- 6) Методы и приборы радиоастрофизических наблюдений.
- 7) Спектральная классификация звезд. Положение на диаграмме Герцшпрунга-Рессела как характеристика звезды. Соотношения масса светимость и масса-радиус для звезд главной последовательности.
- 8) Ядерные реакции как источник энергии на звёздах и Солнце: водородный и CNO-циклы.
- 9) Пульсации звезд. Цефеиды.
- 10) Двойные и тесные двойные системы. Примеры затменных и эруптивных звездных систем.
- 11) Эруптивные переменные звезды на разных стадиях эволюции – от ТТельца до новых и сверхновых
- 12) Состав и структура галактик различных морфологических типов. Взаимодействие галактик. Активные ядра: наблюдаемые проявления, источник энергии
- 13) Закон Хаббла и физическая интерпретация красного смещения. Современная космологическая модель и методы её проверки.
- 14) Особенности солнечных наблюдений. Виды инструментов и методов.
- 15) Солнце как звезда.
- 16) Внутреннее строение Солнца и его атмосфера. Дифференциальное вращение Солнца.
- 17) 11-летний цикл солнечной активности: основные наблюдаемые характеристики. Законы Хейла и Джоя
- 18) Индексы солнечной активности. Глобальные минимумы солнечной активности.
- 19) Основы теории солнечного и звездного динамо. Два основных эффекта солнечного динамо. Сценарий солнечного цикла. Связь вспышечной активности и теории динамо на звездах.
- 20) Физическая природа солнечных пятен.
- 21) Понятие об активной области и ее структура на разных уровнях солнечной атмосферы.
- 22) Корональная сейсмология и вопросы нагрева солнечной короны
- 23) Магнитное пересоединение.
- 24) Динамическая модель солнечного ветра (модель Паркера). Звездный ветер у звезд разных спектральных классов
- 25) Сценарии солнечных вспышек.
- 26) Инициация и эволюция выбросов корональной массы

- 27) Солнечный ветер - источники и характеристики. Изменения солнечного ветра в цикле активности. Секторная структура крупномасштабного поля и спираль Паркера
- 28) Солнечные вспышки как источники возмущений в околоземной среде. Солнечные космические лучи.
- 29) Формирование магнитосферы; перенос энергии, вещества и импульса от солнечного ветра в магнитосферу.
- 30) Структура магнитосферы. Магнитосферная конвекция. Электрические поля. Токи во внешней магнитосфере.
- 31) Электрические поля и токи в плазмосфере. Теория атмосферного динамо.
- 32) Геомагнитные вариации. Связь геомагнитного поля и состояния магнитосферы с параметрами солнечного ветра. Частицы и волны в магнитосфере.
- 33) Собственные колебания магнитосферы. Наблюдения волн в плазме, солнечного ветра и магнитосферы
- 34) Геомагнитные пульсации. Классификация. Механизмы генерации и распространения пульсаций. Гидромагнитная диагностика. Спутниковые и наземные наблюдения пульсаций, связь их с другими геофизическими явлениями.
- 35) Радиоаврора. Морфология, классификация и механизмы образования
- 36) Полярные сияния. Морфология полярных сияний. Суббури в полярных сияниях. Спектры свечения ночного неба и полярных сияний. Механизмы возбуждения основных эмиссий.
- 37) Магнитосферные возмущения. Бури, суббури и микросуббури. Индексы геомагнитной активности
- 38) . Планеты и их магнитосферы
- 39) Межпланетная среда. Малые тела в Солнечной системе. Модели образования Солнечной системы

Оценивание обучающихся происходит с использованием нормативных оценок на экзамене – 5 –отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2 –неудовлетворительно.

### Критерии оценивания результатов обучения

Критерии	Шкала оценивания			
	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»	«неудовлетворительно»
<b>Владение специальной терминологией</b>	Свободно владеет терминологией из различных разделов курса	Владеет терминологией, делая ошибки; при неверном употреблении сам может их исправить	Редко использует при ответе термины, подменяет одни понятия другими, не всегда понимая разницы	Не владеет терминологией по курсу



<p><b>Глубина и полнота знания теоретических основ курса</b></p>	<p>Демонстрирует прекрасное знание предмета, соединяя при ответе знания из разных разделов, добавляя комментарии, пояснения, обоснования</p>	<p>Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, может провести анализ и т.д., но не всегда делает это самостоятельно без помощи экзаменатора</p>	<p>Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах экзаменатора</p>	<p>Не владеет теоретическими основами курса</p>
<p><b>Умение проиллюстрировать теоретический материал примерами</b></p>	<p>Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами</p>	<p>Может подобрать соответствующие примеры из имеющихся в учебных материалах</p>	<p>С трудом может соотнести теорию и практические примеры из учебных материалов; примеры не всегда правильные</p>	<p>Не может соотнести теоретические знания и практические примеры</p>
<p><b>Дискурсивные умения</b></p>	<p>Демонстрирует различные формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Владеет аргументацией, грамотной, лаконичной, доступной и понятной речью.</p>	<p>Присутствуют некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Хорошая аргументация, четкость, лаконичность ответов.</p>	<p>С трудом применяются некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Слабая аргументация, нарушенная логика при ответе, однообразные формы изложения мыслей.</p>	<p>Не может применить формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Отсутствует аргументация, логика при ответе.</p>