

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

чл.-корр. РАН _____ А.В. Медведев

« 28 » марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

2.1.3 Физика космоса, астрономия

Научная специальность 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Иркутск 2025

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

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 3 зачетные единицы/ 108 часов.

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

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины (модуля)

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. Поляроиды. Призма Волластона. Пластины $X/2$ и $X/4$. Электрооптические устройства.
- Антенные решетки радиоинтерферометров. Требование 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 звёздах: 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 Т 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 уровнях солнечной атмосферы.
- 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	Форма контроля
			Лекции	Практические занятия		
1	Общая астрофизика	28	14		14	
2	Физика Солнца	24	12		12	
3	Межпланетная среда и гелиосфера	20	10		10	
4	К. экзамен	36				36
Итого (часы)		108	36		36	36
Итого (з.е.)		3	1		1	1

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. Геомагнитная 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

5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Данный вид занятий не предусмотрен

5.6. Перечень и содержание самостоятельной работы

№	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 14,15,16,19,25 б) дополнительная литература 18	2
9	Солнце как звезда - основные характеристики, внутреннее 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. Геомагнитная 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

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.	2 экз.
2.	Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2004.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
3.	Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной. М., Наука, 1975.	2 экз.
4.	Физика космоса. Маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1986	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
5.	Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, 4-е изд., М.: Наука, 1988.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
6.	Гоффмейстер К., Рихтер Г., Венцель В. Переменные звёзды. М.: Наука, 1990	2 экз.
7.	Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
8.	Каплан С.А., Цытович В.Н., Плазменная астрофизика, М.: Наука, 1972.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
11.	Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, Физматлит, 1967	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
12.	Брандт, Дж., Астрофизика солнечной системы : пер. с англ. под ред. Г.А. Лейкина / Дж. Брандт, П. Ходж. - М. : Мир, 1967.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
13.	Космические лучи и солнечный ветер / Г.Ф. Крымский, А.И. Кузьмин, П.А. Кривошапкин и др. Новосибирск: Наука, 1981.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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.	Филиппов Б.П., 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
19.	Aschwanden M. Physics of the solar corona: An Introduction with Problems and Solutions (Springer Praxis Books), Springer, 2006.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
20.	Паркер Е. Космические магнитные поля. В 2-х частях. М.: Мир, 1982	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
21.	Обридко В.Н., Наговицин Ю.А. Солнечная активность,	4 экз

	цикличность и методы прогноза. Санкт-Петербург, ВВМ. 2017	
22	Краус Дж. Д. Радиоастрономия. Сов.радио. 1973	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
23	Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука 1973	2 экз.
24	Томпсон А. Р., 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.	2 экз
26	Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика, Издательство Московского Университета, 2004	2 экз
27	Альвен, Г. К., Фельтхаммар Г.. Космическая электродинамика. Основные принципы: пер. с англ. М. Мир, 1967. 260 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
28	Акасофу С. И., Чепмен С.; Солнечно-земная физика : ч.2 / Пер. с англ. под ред. Г.М. Никольского. М. Мир, 1975. 512 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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., Распопов О. М., Клейменова Н. Г. Возмущения электромагнитного поля Земли, Ч.1. Полярные магнитные возмущения. Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 220 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
32	Пудовкин М. И., Распопов О. М., Клейменова Н. Г. Возмущения электромагнитного поля. Ч.2. Короткопериодические колебания геомагнитного поля / М. И. Пудовкин, Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. 271 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
33	Сергеев В. А., Цыганенко Н. А. 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
35	Сергеев В.А. Лекции по физике магнитосферы. СпГУ.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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	2 экз.
2	Сурдин В.Г. Солнечная система - М. : Физматлит, 2008. - 400 с.	2 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. :	2 экз.

	Физматлит, 2009. - 428 с.	
5	Дорошевич А. Г., Ефремов Ю. Н., Засов А. В. Происхождение и эволюция галактик и звезд; ред. С. Б. Пикельнер. - М. : Наука, 1976. - 407 с.	2 экз.
6	Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З.. Физика плазмы для физиков. М. Атомиздат. 1979. 165 с	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
9	Parks G.K., Physics of Space Plasmas. Introduction, Westview Press., 2nd edition, 2004	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
10	Биттенкорт Ж.А., Основы физики плазмы, М.:Физматлит, 2009, 584 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
11	Кирко И.М., Кирко Г.Е., Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем, Научно-изд. центр "Регулярная и хаотическая динамика", 2009.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
12	Гетлинг А.В. Конвекция Рэлея-Бенара. М.: Эдиториал УРСС, 1999.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
13	Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, 4-е изд., М.: Наука, 1988.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
14	Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца. М.: Изд-во МГУ, 1993	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
15	Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики, 2-е изд. М.: Физматгиз, 1966.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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	2 экз.
19	Железняков В.В. Излучение в астрофической плазме	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
20	Акасофу С. И. Полярные и магнитосферные суббури: пер. с англ.- М. : Мир, 1971. - 317 с	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): 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 (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
27	Kamide Y., W. Baumjohann. - Magnetosphere - Ionosphere Coupling [Electronic resource] /Berlin; Heidelberg : Springer - Verlag, 1993. - 175 p	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
28	Веселовский, А. П., И. П. Кропоткин. Физика межпланетного и околоземного пространства. М.: Университетская книга, 2010. - 116 с.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
29	Heikkila W.J. Earth`s Magnetosphere formed by the low - latitude boundary layers. Elsevier, 2011.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
30	Лазутин Л.Л. Мировые и полярные магнитные бури. М., 2012	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ

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

1. Данные отдела радиоастрофизики ИСЗФ СО РАН (<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)
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

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Операционная система Ubuntu 18.04 (свободно распространяемое ПО)
- Офисный пакет Libre Office (свободно распространяемое ПО)
- 7-Zip (свободно распространяемое ПО)
- Adobe Acrobat Reader DC (свободно распространяемое ПО)
- Mozilla Firefox 1 (свободно распространяемое ПО)
- VLC Mediaplayer (свободно распространяемое ПО)
- K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО)
- Операционная система Microsoft Windows 10 Pro
- Сервер видеоконференцсвязи Jitsi Meet

7. Образовательные технологии

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование аспирантами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;

При необходимости, в процессе работы над заданием, аспирант может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

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

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется по окончанию дисциплины в виде кандидатского экзамена в соответствии с графиком учебного процесса.

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
Владение специальной терминологией	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
Глубина и полнота	Демонстрирует	Хорошо владеет	Отвечает только на	Не владеет

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