

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

«13» апреля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.5 Физика солнечно-земных связей

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика солнечно-земных связей**

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

Тип профессиональной деятельности: **научно-исследовательский,
педагогический**

Форма обучения: **очная**

Иркутск 2026

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал доктор физико-математических наук	М.Л. Демидов
---	--------------

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

Дисциплина «Физика солнечно-земных связей» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 Дисциплины (модули) основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика.

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опираются: дисциплины физического цикла бакалавриата.

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: Космическая электродинамика, Физика гелиосферы, Производственная практика (НИР).

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Физика солнечно-земных связей» является получение студентами знаний в области физики Солнца, солнечного ветра, космических лучей, околоземного пространства и в области космической погоды, и, опираясь на эти знания, получить глубокие и обширные знания в области физики солнечно-земных связей. Второй важной целью этой дисциплины является научить студентов, опираясь на полученные знания и имеющиеся в их распоряжении различные наблюдения, оценивать состояние солнечно-земных связей в данный момент времени и предсказывать состояние космической погоды на различных масштабах заблаговременности.

Задачами дисциплины «Физика солнечно-земных связей» является:

- Прослушать и освоить теоретический курс по теме дисциплины.
- Овладеть методами обработки и анализа данных по теме дисциплины.
- Закрепить полученные знания решением задач по теме дисциплины на практических занятиях и в процессе самостоятельной работы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Физика солнечно-земных связей» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки 03.04.02 Физика:

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	ИД 1. Способен решать исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области физики	Знать: Основные определения в области солнечно-земных связей, космических лучах, магнитосферы и ионосферы. Уметь: Применять фундаментальные знания в области солнечно-земных связей для решения конкретных исследовательских задач
	ИД 2. Знает методы и приемы организации, выполнения экспериментальных исследований на современном уровне и анализировать их результаты.	Знать: методы и приемы выполнения экспериментальных исследований в области изучения солнечно-земных связей Уметь: составлять простейшие программы для обработки и анализа данных, анализировать статьи по теме солнечно-земных связей.
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-	ИД 2. Использует информационные ресурсы, научную, опытно-	Знать: Информационные ресурсы в области физики солнечно-земных связей.

земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	экспериментальную, наблюдательную и приборную базы при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.	Уметь: использовать информационные ресурсы с описаниями различных данных и инструментов наблюдений Солнца, измерений параметров солнечного ветра и др., скачивать из Интернета данные, необходимые для анализа исследуемых процессов, Владеть: простейшими методами обработки данных (в частности, изображений Солнца), методами построения графиков (например, программой Grapher), статистическими методами обработки данных (построение корреляционных зависимостей, нахождение уравнения линии регрессии, коэффициента корреляции и др.), языком программирования (предпочтительнее всего IDL).
---	---	---

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	72/2
В том числе:	
Лекции	36/1
Лабораторные работы	
Практические занятия	36/1
Самостоятельная работа (всего)	36/1
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36/1
Контактная работа (всего)	72/2
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	144/4

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Солнце

Тема 1. Место Солнца в Галактике. Основные сведения о современной космологии и космогонии. Понятие солнечно-земных связей (СЗС) и космической погоды (КП). Концепции прогноза космической погоды (земные и внеземные наблюдения Солнца, in-situ измерения, физическое моделирование, простые корреляционные связи, машинное обучение, гибридизация). Различные временные масштабы и меры точности прогноза КП. Иерархичность прогноза.

Тема 2. Солнце как звезда. Внутреннее строение. Термоядерные реакции - источники светимости звезд и Солнца. Вращение Солнца. Глобальное и крупномасштабные магнитные поля Солнца. Цикл солнечной активности. Модель Бэбкока-Лейтона. Активные области на Солнце. Солнечные пятна. Крупномасштабные магнитно-плазменные структуры в атмосфере Солнца.

Тема 3. Солнечная атмосфера. Фотосфера. Хромосфера. Переходная зона. Корона. Электромагнитное излучение Солнца в различных диапазонах длин волн. Солнечная постоянная.

Тема 4. Магнитные поля активных областей Солнца. Методы измерения магнитных полей на Солнце. Наземные и космические солнечные обсерватории.

Тема 5. Солнечные вспышки. Магнитное пересоединение. Механизмы солнечных вспышек. Проявления солнечных вспышек: ускорение заряженных частиц, движения плазмы, нагрев плазмы.

Тема 6. Эруптивные явления на Солнце. Корональные выбросы массы. Магнитные жгуты в активных областях, их формирование и потери устойчивости. Эруптивные протуберанцы. Механизмы инициации КВМ.

Тема 7. Гелиосейсмология. Волновые процессы на Солнце на различных временных масштабах. Гелиосейсмология внутренних слоев Солнца. Волновые процессы в различных слоях солнечной атмосферы. Затухающие и незатухающие колебания в атмосфере Солнца.

Тема 8. Вспышки на других звездах.

Раздел 2. Гелиосфера

Тема 1. Межпланетное магнитное поле. Квазистационарный солнечный ветер (СВ) на разных расстояниях от Солнца. Классическое решение Паркера. Типы солнечного ветра. Механизмы формирования и источники СВ.

Тема 2. Спорадический солнечный ветер. Межпланетные КВМ и ударные волны.

Раздел 3. Космические лучи

Тема 1 Солнечные, гелиосферные и галактические космические лучи. Источники космических лучей. Стационарный спектр.

Тема 2. Форбуш-эффект. Модуляция космических лучей межпланетным магнитным полем. Космические лучи вблизи Земли.

Раздел 4. Магнитосфера и ионосфера.

Тема 1. Магнитное поле Земли. Строение магнитосферы. Взаимодействие солнечного ветра и магнитосферы. Радиационные пояса. Электрические токи в системе магнитосфера-ионосфера.

Тема 2. Магнитосферные суббури и бури. Геомагнитные индексы.

Тема 3. Ионосфера. Высокие, средние и экваториальные широтные зоны ионосферы. Влияние магнитосферных суббурь на ионосферу и атмосферу Земли. Связь ионосферы и атмосферы.

Тема 4. Магнитосферы других планет и их активность.

Раздел 5. Космическая погода

Тема 1. Что такое космическая погода? Как влияет космическая погода на техносферу и биосферу. Распространение радиоволн в атмосфере и ионосфере Земли. Радиационная обстановка в межпланетном и околоземном пространстве. Гелиобиология. Солнце и климат. Глобальное потепление (?): -история климата Земли в геологическом аспекте.

Тема 2. Прогноз космической погоды на различных временных масштабах. Численные модели для расчета параметров солнечного ветра.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Раздел 1. Солнце.	48	16		16		16
2.	Раздел 2. Солнечный ветер	12	4		4		4
3.	Раздел 3. Космические лучи.	12	4		4		4
4.	Раздел 4. Магнитосфера и ионосфера	24	8		8		8
5.	Раздел 5. Космическая погода.	12	4		4		4
Экзамен		36					
Итого (часы)		144	36		36		36
Итого (з.е.)		4	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.	Космическая электродинамика	Разделы 2, 3, 4
2.	Физика гелиосферы	Разделы 1-5
3.	Производственная практика (научно-исследовательская работа)	Разделы 1-5

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Раздел 1 Темы 1-8	Лекция. Использование презентации, демонстрируемой с помощью компьютера, показ коротких фильмов, иллюстрирующих обсуждаемые темы	16	Устный, письменный опрос, экзамен
2.	Раздел 2 Темы 1-2	Лекция. Использование презентации, демонстрируемой с помощью компьютера, показ коротких фильмов, иллюстрирующих обсуждаемые темы	4	Устный, письменный опрос, экзамен
3.	Раздел 3 Темы 1-2	Лекция. Использование презентации, демонстрируемой с помощью компьютера, показ коротких фильмов, иллюстрирующих обсуждаемые темы	4	Устный, письменный опрос, экзамен
4.	Раздел 4 Темы 1-4	Лекция. Использование презентации, демонстрируемой с помощью компьютера, показ коротких фильмов, иллюстрирующих обсуждаемые темы	8	Устный, письменный опрос, экзамен
5.	Раздел 5 Темы 1-2	Лекция. Использование презентации, демонстрируемой с помощью компьютера, показ коротких фильмов, иллюстрирующих обсуждаемые темы	4	Устный, письменный опрос, экзамен

5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
----------	------------------	---	---------------------	--------------------

	дисциплины			
1.	Раздел 1, темы 1-8.	Работа с изображениями Солнца в различных спектральных диапазонах. Научиться работать с сайтами, позволяющими получать изображения Солнца в различных спектральных диапазонах. Научиться выделять на этих изображениях различные структуры солнечной атмосферы (активные области, корональные дыры, волокна, факельные площадки и др.). Научиться определять положение этих структур (широта, долгота, высота), относительную интенсивность. Научиться качественно оценивать характер изменения свойств этих структур в процессе вращения Солнца. Научиться обнаруживать вспышки и определять их качественные и количественные характеристики.	8	Текущий опрос, практическая работа
2.	Раздел 1, тема 6.	Анализ КВМ. Научиться выделять КВМ на изображениях короны, выделять их структурные элементы, оценивать скорость движения различных частей КВМ. Научиться качественно определять наличие ударной волны, связанной с КВМ. Научиться сканировать и анализировать распределения яркости короны вдоль радиального направления с использованием предоставленных программ на языке IDL.	8	Текущий опрос, практическая работа
3.	Раздел 2, темы 1-2.	Работа с данными по солнечному ветру. Научиться выделять источники быстрых и медленных потоков квазистационарного солнечного ветра. Научиться получать распределения в зависимости от времени параметров солнечного ветра на орбите Земли по данным сайта https://omniweb.gsfc.nasa.gov/. Научиться выделять с использованием этих зависимостей быстрые и медленные квазистационарные потоки солнечного ветра, а также области взаимодействия между ними. Научиться выделять магнитные облака (МО). С использованием различных каталогов научиться выделять по данным солнечного ветра не только МО, но и другие типы межпланетных КВМ. Научиться оценивать время движения КВМ от Солнца до орбиты Земли. Научиться выделять ударные волны в солнечном ветре и оценивать их интенсивность.	4	Текущий опрос, практическая работа
4.	Раздел 3, темы 1-2.	Работа с данными космических лучей. Научиться работать с каталогами протонных солнечных событий. Научиться анализировать всплески солнечных космических лучей, регистрируемые аппаратурой на космических аппаратах. Научиться анализировать энергетические спектры космических лучей. Выделение Форбуш-эффекта.	4	Текущий опрос, практическая работа
5.	Раздел 4, темы 1-4	Анализ геомагнитных бурь. Используя данные различных сайтов научиться скачивать или строить зависимости от времени основных индексов геомагнитной активности: R_p, Dst, A_L и др. На зависимости Dst-индекса от времени научиться выделять внезапное начало, внезапный индекс и оценивать интенсивность геомагнитного возмущения и выделять различные фазы геомагнитной бури. Используя программу Grapher для	8	Текущий опрос, практическая работа

		построения графиков построить графики зависимостей параметров геомагнитных индексов от характеристик солнечного ветра перед началом геомагнитной бури.		
6.	Раздел 5, темы 1-2.	Прогноз космической погоды. Ознакомиться с основными сайтами, на которых приводятся прогнозы характеристик космической погоды с различной заблаговременностью, включая прогноз параметров солнечного ветра на орбите Земли и геомагнитных бурь. Овладеть методом прогноза, разработанного в ИСЗФ.	4	Текущий опрос, практическая работа

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
1	1-8	Изучение презентаций лектора и чтение рекомендуемой литературы	Закрепление знаний, полученных на лекциях, формулировка вопросов преподавателю по изучаемой дисциплине, поиск дополнительной информации по теме изучаемой дисциплины.	6.1 (1-3, 7, 10-12) 6.2 (1, 2)	8
1	1-8	Работа на компьютере с необходимыми сайтами в Интернете. (см. перечисленные ниже сайты в п. 6.4-6.5).	Усовершенствование навыков в работе с изображениями Солнца в различных спектральных диапазонах. Анализ КВМ (см. описание практических занятий в п. 5.5 (1, 2)). Решение задач.	6.1 (1-3, 7, 10-12) 6.2 (1, 2)	8
2	1-2	Изучение презентаций лектора и чтение рекомендуемой литературы	Закрепление знаний, полученных на лекциях, формулировка вопросов преподавателю по изучаемой дисциплине, поиск дополнительной информации по теме изучаемой дисциплины.	6.1 (2, 6, 7) 6.2 (1, 2)	2
2	1-2	Работа на компьютере с необходимыми сайтами в Интернете. (см. перечисленные ниже сайты в п. 6.4 – 6.5), овладение программами для построения графиков.	Усовершенствование навыков в работе с данными по солнечному ветру. Решение задач, построение графиков по теме раздела.	6.1 (2, 6, 7) 6.2 (1, 2)	2
3	1-2	Изучение презентаций лектора и чтение рекомендуемой литературы	Закрепление знаний, полученных на лекциях, формулировка вопросов преподавателю по изучаемой дисциплине, поиск дополнительной информации по теме изучаемой дисциплины.	6.1 (8) 6.2 (2)	2
3	1-2	Работа на компьютере с необходимыми сайтами в Интернете. (см. перечисленные ниже сайты в п. 6.4 – 6.5).	Усовершенствование навыков по работе с данными космических лучей. Решение задач.	6.1 (8) 6.2 (2)	2
4	1-4	Изучение презентаций	Закрепление знаний,	6.1 (4, 5, 11)	4

		лектора и чтение рекомендуемой литературы	полученных на лекциях, формулировка вопросов преподавателю по изучаемой дисциплине, поиск дополнительной информации по теме изучаемой дисциплины.	6.2 (2)	
4	1-4	Работа на компьютере с необходимыми сайтами в Интернете. (см. перечисленные ниже сайты в п. 6.4 – 6.5).	Усовершенствование навыков по анализу геомагнитных бурь. Решение задач.	6.1 (4, 5, 11) 6.2 (2)	4
5	1-2	Изучение презентаций лектора и чтение рекомендуемой литературы	Закрепление знаний, полученных на лекциях, формулировка вопросов преподавателю по изучаемой дисциплине, поиск дополнительной информации по теме изучаемой дисциплины.	6.1 (9) 6.2 (1, 2)	2
5	1-2	Ознакомиться с основными сайтами, на которых приводятся прогнозы характеристик космической погоды с различной заблаговременностью	Углубить знания, касающиеся прогноза характеристик солнечного ветра на орбите Земли и геомагнитных бурь. Решение задач, построение графиков по теме раздела.	6.1 (9) 6.2 (1, 2)	2

5.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Лектор в своих лекциях будет использовать довольно подробные, хорошо иллюстрированные презентации, включающие также короткие фильмы по темам лекций. Эти презентации будут доступны студентам, и ознакомление с ним позволит студентам быть более подготовленными к восприятию нового материала и закреплению уже полученных знаний. Предполагается также, что это позволит студентам формулировать проблемные вопросы в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы. Студентам, имеющим свои компьютеры, будет оказана помощь в разворачивании необходимых для учебы программ. Студенты, не имеющие компьютера, будут заниматься самостоятельной работой в аудитории для самостоятельной работы. На практических занятиях студентов научат заходить на необходимые сайты, скачивать необходимую информацию и работать с ней. Это умение будет закрепляться во время самостоятельной работы. Важным элементом самостоятельной работы будет решение задач по теме раздела. Во время самостоятельной работы студенты будут осуществлять поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей по теме дисциплины. Возможно получение индивидуальной консультации у преподавателя.

Пример задания для самостоятельной работы:

Даны изображения Солнца в линиях крайнего ультрафиолета по данным телескопов AIA (космический аппарат SDO) за разные дни. Нужно проанализировать эти изображения, выделив наблюдаемые структуры солнечной атмосферы, оценить, наблюдаются ли на этих изображениях проявления солнечной активности, связать эти проявления с наблюдаемыми особенностями солнечных изображений, привести аргументы в поддержку того, что эта солнечная активность может привести к воздействию на Землю.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
-------	--	------------------------

1.	Гибсон Э. Спокойное Солнце. М.: Мир, 1977.	4
2.	Э.Р. Прист. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
3.	Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Ч.1. М.: Мир, 1974.	4
4.	Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Ч.2. М.: Мир, 1975.	5
5.	А Хундхаузен. Расширение короны и солнечный ветер. М.: Мир, 1976.	3
6.	Б.П. Филиппов. Эруптивные процессы на Солнце. М.: Физматлит, 2007.	4
7.	Мурзин, В. С. Введение в физику космических лучей. Учеб. пособие для физ. спец. Вузов.3-е изд., перераб. М.: Изд-во МГУ, 1988.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
8.	Б.М. Владимирский, Н.А. Темурьянц, В.С. Мартынюк. Космическая погода и наша жизнь. Фрязино: «Век 2», 2004.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
9.	Сотникова Р.Т., Файнштейн В.Г., Кобанов Н.И., Скляр А.А. Введение в физику. Учеб. Пособие, часть 2. Иркутск, Изд-во ИГУ, 2012.	3
10.	Сотникова Р.Т., Файнштейн В.Г. Введение в гелиофизику. Учебное пособие. Иркутск, Изд-во ИГУ, 2013.	3
11.	Дж. М. Бекерс, А. Бруцек, Х. В. Додсон-Принс. Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. Ред.: А. Бруцек, Ш. Дюран. М.: Мир, 1980.	6

6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	A. Hanslmeier. The Sun and space weather. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2002.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
2.	Аллен К.У. Астрофизические величины. М.: Мир, 1977.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ

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

- Онлайн каталог корональных выбросов массы KBM CME лист https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/
- Онлайн каталог корональных выбросов массы типа гало https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/HALO/halo.html
- Каталог: лист межпланетных корональных выбросов массы по данным КА ACE <http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/DATA/level3/icmetable2.htm>
- Каталог: лист межпланетных корональных выбросов массы по данным КА WIND http://space.ustc.edu.cn/dreams/wind_icmes/

6.4. Информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- Сервер "СиЗиФ" предназначен для студентов, аспирантов, научным сотрудникам, специализирующихся в области солнечно-земной физики <http://www.kosmofizika.ru/>

6.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

- Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://helioviewer.org/>
- Сайт изображений Солнца в различных спектральных диапазонах с информацией об активных областях, о солнечных пятнах, солнечных вспышках и др. <http://www.solarmonitor.org/>

- Онлайн каталог корональных выбросов массы KBM CME лист https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/
- Онлайн каталог корональных выбросов массы типа гало https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/HALO/halo.html
- Каталог: лист межпланетных корональных выбросов массы по данным КА ACE <http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/DATA/level3/icmetable2.htm>
- Каталог: лист межпланетных корональных выбросов массы по данным КА WIND http://space.ustc.edu.cn/dreams/wind_icmes/
- Текущие солнечные данные (из NOAA) <http://www.n3kl.org/sun/noaa.html>
- Сайт для нахождения параметров солнечного ветра на орбите Земли и геомагнитных индексов <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>
- Сайт с разнообразной информацией о том, что происходит в данный момент в космосе <http://www.spaceweather.com/>
- Сайт с прогнозом космической погоды – ИПГ, Россия <http://ipg.geospace.ru/space-weather-forecast.html>
- Сайт Центра прогнозов космической погоды, ИЗМИРАН <http://spaceweather.izmiran.ru>
- Сайт Центра мониторинга космической погоды над территорией российской федерации <http://space-weather.ru>
- Сайт центра прогнозов космической погоды (NOAA NWS Space Weather Prediction Center), США <https://ru-ru.facebook.com/NWSSWPC/>
- Сайт с текущими характеристиками солнечного ветра <https://www.swpc.noaa.gov/products/real-time-solar-wind>
- Данные космического аппарата RHESSI (жесткое рентгеновское излучение Солнца, сведения о мягком рентгеновском излучении Солнца, о вспышках) <http://sprg.ssl.berkeley.edu/~tohban/browser/>

6.6. 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;

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, студент может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

8. Практическая подготовка

Практическая подготовка обучающихся в рамках реализации данной учебной дисциплины осуществляется на практических занятиях.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080 • ноутбук ASUS L1500CDA Windows 10 Pro • система акустическая Electro Voice EVID 6.2
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций и самостоятельной работы	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 7 посадочных мест, оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде: • персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q • мониторы IIYAMA PL2283H, Dell CRHX9K2 • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080
Лаборатория мониторинга солнечной активности	• Нейтронный супермонитор 18NM64 (Станция космических лучей ИРКУТСК (ИРКТ)) • Барометр БРС-1М • Платы таймеров-счетчиков РСІ-1780 • Барометр рабочий сетевой БРС-1М-2 №16006-97 со свидетельством поверки. • Платы таймеров-счетчиков РСІ-1780 – Диск с программным обеспечением, поставляемый с платами.

10. Фонд оценочных средств

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

1. Сведения о Солнце (прежде всего о солнечной атмосфере – строение, свойства каждой составляющей атмосферы Солнца и наиболее полно солнечной короны, процессы

в солнечной атмосфере (вспышки, эрупции волокон, формирование корональных выбросов массы (КВМ)).

2. Знать, как возникает квазистационарный солнечный ветер, его свойства в межпланетном пространстве от источников на Солнце до орбиты Земли, возникновение и движение спорадических потоков солнечного ветра (корональные выбросы массы), разрывы в солнечном ветре (прежде всего ударные волны).

3. Знать сведения о космических лучах (места возникновения, состав, энергии, энергетические спектры, что происходит с космическими лучами в околоземном пространстве).

4. Знать свойства земной магнитосферы, ионосферы и атмосферы, что такое геомагнитная буря, что такое космическая погода, как она влияет на техносферу и биосферу на Земле и в околоземном пространстве, а также как ее можно предсказывать на разных масштабах заблаговременности.

5. Знать, характеристики инструментов наземного и космического базирования для наблюдения Солнца, измерений характеристик солнечного ветра, уровня возмущений геомагнитных бурь и др.

6. Виды и типы профессиональных, научно-популярных и научных текстов.

7. Требования к оформлению научных материалов (тезисы, статья, дипломный проект) по теме исследования.

Уметь

1. Находить в Интернете сайты с описаниями различных инструментов и данные их наблюдений Солнца, измерений параметров солнечного ветра и др.

2. Скачивать из Интернета данные, необходимые для анализа исследуемых процессов

3. Составлять хотя бы простейшие программы для обработки и анализа данных.

4. Находить в Интернете нужные статьи (хотя бы Абстракты).

5. Составлять библиографический список по заданной тематике.

6. Анализировать и редактировать работы школьников, участвующих в научных конференциях.

Владеть

1. Простейшими методами обработки данных (в частности, изображений Солнца).

2. Методами построения графиков (например, программой Grapher).

3. Статистическими методами обработки данных (построение корреляционных зависимостей, нахождение уравнения линии регрессии, коэффициента корреляции и др.).

4. Хотя бы одним языком программирования (предпочтительнее всего IDL).

5. Навыками конспектирования научных источников (монографий, статей, тезисов).

6. Навыками подготовки тезисов, доклада по дипломному исследованию; навыками составления и демонстрации электронной презентации результатов исследования.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Разделы дисциплины, направленные на формирование компетенции				
	1	2	3	4	5
ОПК-1	+	+	+	+	+
ПКА-2	+	+	+	+	+

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Показатели (индикаторы)	Формы оценивания			
		Текущий контроль			Промежуточная аттестация
		Устный	Практический	Контроль	Зачет/экзамен

		опрос	ая работа	самостоятельно й работы	
ОПК-1 ПКА-2	Знать основы физики солнечно-земных связей; Уметь находить в Интернете сайты с описаниями различных инструментов и данные их наблюдений Солнца, измерений параметров солнечного ветра и др. Владеть анализом KBM, пользуясь данными сайта https://omniweb.gsfc.nasa.gov/ получать распределения, выделять магнитные облака, ударные волны и т.д.	Раздел с 1-3	Раздел 1-5	Изучение презентаций лектора и чтение рекомендуемой литературы 6.1 (1-3, 7, 10-12) 6.2 (1, 2, 5) Работа на компьютере с необходимыми сайтами в Интернете. (см. перечисленные ниже сайты в п. 6.4 – 6.5), овладение программами для построения графиков.	экзамен

Программа оценивания контролируемой компетенции

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1 Солнце.	ОПК-1, ПКА-2	Знает основные термины и понятия, относящиеся к Солнцу (прежде всего к солнечной атмосфере – строению, свойствам каждой составляющей атмосферы Солнца и наиболее полно солнечной короны; процессы в солнечной атмосфере (вспышки, эрупции волокон, формирование корональных выбросов массы).	Владеет материалом раздела 1. Умеет аргументированно вести дискуссию по базовым вопросам строения и свойств солнечной атмосферы, а также процессов, происходящих в ней.	Собеседование Решение практических работ	экзамен
Раздел 2 Солнечный ветер	ОПК-1, ПКА-2	Знает основные термины и понятия, относящиеся к солнечному ветру, как возникает квазистационарный солнечный ветер, его свойства в межпланетном пространстве от источников на Солнце до орбиты Земли, возникновение и движение спорадических потоков солнечного ветра (корональные	Владеет материалом раздела 2. Умеет аргументированно вести дискуссию по базовым вопросам формирования и движения различных типов течений солнечного ветра, а также их свойств, в том числе на орбите Земли	Собеседование Решение практических работ	экзамен

		выбросы массы), разрывы в солнечном ветре (прежде всего ударные волны).			
Раздел 3 Космические лучи.	ОПК-1, ПКА-2	Знает основные термины и понятия, относящиеся к космическим лучам.	Владеет материалом раздела 3. Умеет аргументированно вести дискуссию по базовым вопросам, касающихся типов, происхождения, движения и свойств космических лучей.	Собеседование Решение практических работ	экзамен
Раздел 4 Геомагнитные бури. Внезапное начало, внезапный импульс	ОПК-1, ПКА-2	Знает основные термины и понятия, касающиеся свойств земной магнитосферы, ионосферы и атмосферы.	Владеет материалом раздела 4. Умеет аргументированно вести дискуссию по базовым вопросам, касающихся строения, свойств и вариаций земной магнитосферы, ионосферы и атмосферы	Собеседование Решение практических работ	экзамен
Раздел 5 Космическая погода.	ОПК-1, ПКА-2	Знает основные термины и понятия, касающиеся космической погоды, того, как она влияет на техносферу и биосферу на Земле и в околоземном пространстве, а также как ее можно предсказывать на разных масштабах заблаговременности.	Владеет материалом раздела 5. Умеет аргументированно вести дискуссию по базовым вопросам, космической погоды, того, как она влияет на техносферу и биосферу на Земле и в околоземном пространстве, а также как ее можно предсказывать на разных масштабах заблаговременности.	Собеседование Решение практических работ	экзамен

Текущая и промежуточная аттестация

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

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости студента, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос, письменные работы.

Оценочные средства для оценки текущей успеваемости студентов

Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Раздел / Тема	Индекс и уровень формируемой компетенции или дескриптора	ОС	Содержание задания
Раздел 1 Солнце.	ОПК-1, ПКА-2	Текущий опрос, практическая работа	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. Выполнить и обсудить практическую работу по Разделу 1
Раздел 2 Солнечный ветер.	ОПК-1, ПКА-2	Текущий опрос, практическая работа	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. Выполнить и обсудить практическую работу по Разделу 2
Раздел 3 Космические лучи.	ОПК-1, ПКА-2	Текущий опрос, практическая работа	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. Выполнить и обсудить практическую работу по Разделу 3
Раздел 4 Геомагнитные бури. Внезапное начало, внезапный импульс.	ОПК-1, ПКА-2	Текущий опрос, практическая работа	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. Выполнить и обсудить практическую работу по Разделу 4
Раздел 5 Космическая погода.	ОПК-1, ПКА-2	Текущий опрос, практическая работа	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросов по изученному разделу. Выполнить и обсудить практическую работу по Разделу 5

Задания для текущего контроля

Вопросы для текущего опроса

Вопросы по разделу 1.

- 1.1. Строение и основные характеристики солнечной атмосферы.
- 1.2. Солнечная корона – внешняя часть солнечной атмосферы. Свойства, вариации со временем.
- 1.3. Солнечные вспышки. Свойства, механизмы генерации.
- 1.4. Солнечные волокна. Спокойные, эруптивные.
- 1.5. Корональные выбросы массы. Свойства, механизмы генерации.

Вопросы по разделу 2.

- 2.1. Квазистационарный солнечный ветер: быстрые потоки, их источники на Солнце, свойства на орбите Земли.
- 2.2. Квазистационарный солнечный ветер: быстрые потоки, их источники на Солнце, свойства на орбите Земли.
- 2.3. Взаимодействие быстрых и медленных потоков солнечного ветра в межпланетном пространстве: область CIR.
- 2.4. Модель солнечного ветра Паркера при постоянной (независящей от расстояния до Солнца) температуре плазмы $T = \text{const}$.
- 2.5. Модели солнечного ветра, включающие альфвеновские волны.
- 2.6. Разрывы в солнечном ветре, включая межпланетную ударную волну.
- 2.7. Межпланетные корональные выбросы массы на орбите Земли. Магнитные облака.

Вопросы по разделу 3.

- 3.1. Солнечные космические лучи. Виды частиц, энергии, механизмы генерации.
- 3.2. Галактические космические лучи. Виды частиц, энергии, механизмы генерации.
- 3.3. Распространение в межпланетном пространстве.
- 3.4. Энергетический спектр космических лучей.
- 3.5. Форбуш-эффект.

- 3.6. Распространение космических лучей в околоземном пространстве. Взаимодействие с атмосферой Земли.
- 3.7. Влияние космических лучей на техносферу и биосферу в околоземном пространстве.

Вопросы по разделу 4.

- 4.1. Основные свойства магнитосферы и ионосферы в «спокойном» состоянии.
- 4.2. Атмосфера Земли. Строение по высоте: тропосфера, стратосфера и др. Свойства каждой составляющей атмосферы. Линия Кармана.
- 4.3. Что такое геомагнитные бури? Как во время геомагнитных бурь меняются магнитосфера и ионосфера?
- 4.4. Что такое внезапное начало и внезапный импульс геомагнитного возмущения? Что из себя представляют геомагнитные индексы Dst, Kp, ap, AL?

Вопросы по разделу 5.

- 5.1. Что такое космическая погода?
- 5.2. Как процессы на Солнце влияют на техносферу и биосферу?
- 5.3. Прогноз космической погоды на разных интервалах заблаговременности.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде экзамена в соответствии с графиком учебного процесса. Проверка наличия конспектов по дисциплине является допуском к экзамену. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий), студент отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 (образец билета)

Дисциплина: Б1.В.5 Физика солнечно-земных связей

Направление: 03.04.02 Физика

1. Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ

- 1.1 Строение и основные характеристики солнечной атмосферы.
- 1.2. Модель солнечного ветра Паркера при постоянной (независящей от расстояния до Солнца) температуре плазмы $T = \text{const}$.
- 1.3. Что такое геомагнитные бури? Как во время геомагнитных бурь меняются магнитосфера и ионосфера?

2. Вопросы для проверки уровня обученности УМЕТЬ

- 2.1. Используя сайт SolarMonitor, открыть изображения Солнца для 7 марта 2012 г. и описать наблюдаемые активные области.
- 2.2. Используя сайт OMNIWeb, скачать за период 1 – 31 июля 2000 г. следующие характеристики солнечного ветра и геомагнитных возмущений: скорость, концентрация протонов, температура протонов, магнитная индукция и z-компонента магнитной индукции, а также Dst-индекс. Использовать данные с часовым усреднением.

3. Вопрос (задача/задание) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ

- 3.1. Построить зависимости $\min Dst$ от максимальной скорости быстрого потока солнечного ветра, от максимума магнитной индукции и минимума z-компоненты

магнитной индукции для периода 2012 – 2015 г.г. для геомагнитных возмущений, вызываемых квазистационарным солнечным ветром. На графики нанести линейную или квадратичную линии регрессии, оценить коэффициент корреляции или детерминации для полученных зависимостей..

Вопросы к экзамену

Вопросы по разделу 1.

- 1.1. Строение и основные характеристики солнечной атмосферы.
- 1.2. Солнечная корона – внешняя часть солнечной атмосферы. Свойства, вариации со временем.
- 1.3. Солнечные вспышки. Свойства, механизмы генерации.
- 1.4. Солнечные волокна. Спокойные, эруптивные.
- 1.5. Корональные выбросы массы. Свойства, механизмы генерации.

Вопросы по разделу 2.

- 2.1. Квазистационарный солнечный ветер: быстрые потоки, их источники на Солнце, свойства на орбите Земли.
- 2.2. Квазистационарный солнечный ветер: быстрые потоки, их источники на Солнце, свойства на орбите Земли.
- 2.3. Взаимодействие быстрых и медленных потоков солнечного ветра в межпланетном пространстве: область CIR.
- 2.4. Модель солнечного ветра Паркера при постоянной (независящей от расстояния до Солнца) температуре плазмы $T = \text{const}$.
- 2.5. Модели солнечного ветра, включающие альфвеновские волны.
- 2.6. Разрывы в солнечном ветре, включая межпланетную ударную волну.
- 2.7. Межпланетные корональные выбросы массы на орбите Земли. Магнитные облака.

Вопросы по разделу 3.

- 3.1. Солнечные космические лучи. Виды частиц, энергии, механизмы генерации.
- 3.2. Галактические космические лучи. Виды частиц, энергии, механизмы генерации.
- 3.3. Распространение в межпланетном пространстве.
- 3.4. Энергетический спектр космических лучей.
- 3.5. Форбуш-эффект.
- 3.6. Распространение космических лучей в околоземном пространстве. Взаимодействие с атмосферой Земли.
- 3.7. Влияние космических лучей на техносферу и биосферу в околоземном пространстве.

Вопросы по разделу 4.

- 4.1. Основные свойства магнитосферы и ионосферы в «спокойном» состоянии.
- 4.2. Атмосфера Земли. Строение по высоте: тропосфера, стратосфера и др. Свойства каждой составляющей атмосферы. Линия Кармана.
- 4.3. Что такое геомагнитные бури? Как во время геомагнитных бурь меняются магнитосфера и ионосфера?
- 4.4. Что такое внезапное начало и внезапный импульс геомагнитного возмущения? Что из себя представляют геомагнитные индексы Dst, Kp, ap, AL?

Вопросы по разделу 5.

- 5.1. Что такое космическая погода?
- 5.2. Как процессы на Солнце влияют на техносферу и биосферу?
- 5.3. Прогноз космической погоды на разных интервалах заблаговременности.

Задания к экзамену

Задания к экзамену аналогичны заданиям для практической работы, но события для анализа студент выбирает либо сам, либо совместно с преподавателем.

(1.1) Используя необходимые сайты, скачать изображения Солнца в различных спектральных диапазонах, выделить на них и проанализировать наблюдаемые структуры: активные области, солнечные пятна, волокна, корональные дыры.

(1.2) Используя необходимые сайты, описать эволюцию мощной солнечной вспышки, включая морфологию изменения распределения яркости в различных участках спектра солнечного излучения, изменение интенсивности мягкого и жесткого рентгеновского излучения, появление и эволюцию вспышечных лент, особенности потоков солнечных космических лучей.

(1.3) Используя необходимые сайты, найти в каталогах предложенные преподавателем корональные выбросы массы (КВМ), обсудить их характеристики и, используя данные из каталогов и соответствующие фильмы, описать особенности их движения.

(2.1) Используя необходимые сайты, скачать графики изменения со временем параметров солнечного ветра на орбите Земли за заданный преподавателем период времени, сайты с изображениями Солнца в разных спектральных диапазонах, а также изображения короны по данным коронографов. Выделить на зависимостях от времени параметров солнечного ветра (СВ) высокоскоростные и медленные квазистационарные потоки СВ и описать свойства этих потоков. Выделить области взаимодействия быстрых и медленных потоков СВ.

(2.2) Найти на изображениях Солнца корональные дыры – источники выделенных быстрых потоков СВ, и оценить характеристики этих КД (положение, размеры, яркость).

(2.3) Используя распределения параметров СВ в промежутки времени, предложенные преподавателем, выделить магнитные облака и, если это возможно, связать их с КВМ.

(2.4) То же, что в (2.3), но для других типов межпланетных корональных выбросов массы (МКВМ), для выделения которых использовать каталоги МКВМ.

(3.1) Используя необходимые сайты, выделить события с заметными потоками солнечных космических лучей. Сопоставить временной ход интенсивности солнечных высокоэнергичных протонов с изменением со временем мягкого и жесткого рентгеновского излучения из области вспышки.

(3.2) Проанализировать энергетические спектры космических лучей.

(3.3) Проанализировать события с Форбуш-эффектом. Для нескольких таких событий связать амплитуду Форбуш-понижения интенсивности космических лучей с параметрами СВ в период наблюдения Форбуш-эффекта.

(4.1) Собрать информацию о процессах в магнитосфере, ионосфере и атмосфере Земли, сопровождающих одну из самых сильных геомагнитных бурь 23 – 24 солнечных циклов.

(4.2) Используя каталоги МКВМ, построить зависимости интенсивности геомагнитного возмущения, выраженной через Dst и K_p индексы, от характеристик СВ на орбите Земли.

(5.1) Собрать информацию о негативном воздействии процессов на Солнце и вызванной ими геомагнитной бури 13 – 14 марта 1989 г. На техносферу и биосферу в околоземном пространстве.

(5.2) Сделать прогноз характеристик квазистационарного СВ и геомагнитного возмущения, выраженного через индексы Dst и Kp, с помощью метода прогноза, разработанного в ИСЗФ СО РАН.

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 знания теоретических основ курса	Демонстрирует прекрасное знание предмета, соединяя при ответе знания из разных разделов, добавляя комментарии, пояснения, обоснования	Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, может провести анализ и т.д., но не всегда делает это самостоятельно без помощи экзаменатора	Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах экзаменатора	Не владеет 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.

Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

Результат	Показатели	Критерии	Соответствие/	Зачет/экзамен
-----------	------------	----------	---------------	---------------

