

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИСЗФ СО РАН  
*А.П. Потехин*  
« 28 » августа 2014 г.



**Рабочая программа учебной дисциплины**

**Физика магнитосферы**

Направление подготовки

**05.06.01 «Науки о земле»**

Направленность (профиль)

**Физика атмосферы и гидросферы**

Квалификация (степень)

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**Очная, заочная**

Иркутск 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения.....	3
II. Характеристика рабочей программы.....	3
2.1. Вид деятельности.....	3
2.2. Задачи деятельности.....	4
2.3. Перечень компетенций.....	4
2.4. Перечень умений и знаний.....	5
III. Цель и задачи освоения программы дисциплины.....	6
3.1. Цель.....	6
3.2. Задачи.....	6
IV. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.....	6
V. Основная структура дисциплины.....	6
VI. Содержание дисциплины.....	7
6.1. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем дисциплины .....	7
6.2. Тематика заданий для самостоятельной работы .....	8
VII. Применяемые образовательные технологии.....	8
VIII. Методы и технологии контроля уровня подготовки по дисциплине.....	9
8.1. Виды контрольных мероприятий, применяемых контрольноизмерительных технологий и средств .....	9
8.2. Критерии оценки уровня освоения учебной программы (рейтинг).....	9
8.3. Фонд оценочных средств для итоговой аттестации по дисциплине .....	9
IX. Рекомендуемое информационное обеспечение дисциплины.....	10
9.1. Основная учебная литература.....	10
9.2. Дополнительная учебная и справочная литература.....	15
9.3. Ресурсы сети Интернет.....	16
9.4. Рекомендуемые специализированные программные средства.....	16
9.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	17

## **I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Программа составлена в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.11.2013 г. № 1250 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» и на основании письма Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.06.2011 г. «О формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования» на основе программы, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации по физике при участии ИЗМИРАН и ИСЗФ СО РАН.

Рабочая программа «Физика магнитосферы» входит в состав рабочих программ учебных дисциплин по профилю «Физика атмосферы и гидросферы» и представлена на сайте ИСЗФ СО РАН в разделе «Аспирантура» в открытом доступе для аспирантов и сотрудников Института.

## **II. ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

### **2.1. Вид деятельности**

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательской деятельности аспиранта. Область профессиональной деятельности включает: совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности в области науки, направленных на изучение околоземного космического пространства.

## **2.2. Задачи деятельности**

Задачами профессиональной деятельности аспиранта является теоретическая подготовка аспирантов к решению научных задач; изучение процессов в околоземном пространстве; знакомство аспирантов с физическими механизмами воздействия солнечных факторов на околоземное космическое пространство.

## **2.3. Перечень компетенций**

Освоение программы настоящей дисциплины позволит сформировать у обучающегося следующие компетенции:

приобретение новых знаний и умений в теоретических и методических вопросах радиофизики, знакомство с самыми современными их технологиями;

самостоятельное принятие решения в рамках своей профессиональной компетенции, готовность работать над междисциплинарными проектами способностью находить, анализировать и перерабатывать информацию, используя современные информационные средства, включая геоинформационные технологии;

способность применять знания о современных методах радиофизических исследований;

способность планировать и проводить радиофизические научные исследования, оценивать их результаты;

способность профессионально эксплуатировать современное радиофизическое оборудование, оргтехнику и средства измерения; способностью выбирать методы их применения;

способность решать прямые и обратные (некорректные) задачи радиофизики на высоком уровне фундаментальной подготовки по теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания геофизических процессов.

## 2.4. Перечень умений и знаний

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

### **Знать:**

строение Земли, геомагнитное поле.

дипольную модель геомагнитного поля.

образование магнитосферы в поле солнечного ветра.

формирование магнитопаузы.

пересоединение магнитных силовых линий.

роль ударной волны и переходного слоя.

внутреннюю структуру магнитосферы:

магнитосферную мантию, хвост магнитосферы, полярные каспы, нейтральный слой, плазмосферу.

радиационные пояса Земли.

магнитосферные токи.

понятие геомагнитной активности.

магнитные бури и суббури, индексы геомагнитной активности.

### **Уметь:**

формулировать решаемые задачи

проводить оценочные вычисления основных параметров магнитосферы;

выбирать наиболее эффективный алгоритм решения поставленной задачи

проводить первичную обработку экспериментальных данных;

### **Владеть:**

основными математическими методами решения физических задач;

методами обработки экспериментальных данных;

навыками работы с основными измерительными приборами и пакетами численной обработки экспериментальных данных.

### **III. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Цель**

Целью курса «Физика магнитосферы» является получение фундаментальных знаний и возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении учебных практик, написания научных работ, в своей научной деятельности.

#### **3.2. Задачи**

Задачей курса «Физика магнитосферы» является знакомство аспирантов с физическими процессами в околоземном космическом пространстве, понятиями и физическими основами геофизики, физическими механизмами воздействия солнечных факторов на околоземное космическое пространство.

### **IV. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Курс входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по профилю подготовки «Физика атмосферы и гидросферы» направления подготовки 05.06.01 «Науки о земле».

Для изучения дисциплины, необходимы знания и умения из дисциплин: «Математика», «Физика», «Теория поля», «Информатика».

Знания и умения, приобретаемые аспирантами после изучения дисциплины, будут использоваться для решения научных задач на этапе обработки полученного гелиофизического материала.

### **V. ОСНОВНАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Таблица 1 – Структура дисциплины

№ п/п	Наименование тем	Всего часов	Лекции	Практика	Самостоятельная работа
1	Структура магнитосферы	15	2	-	4

2	Геомагнитные пульсации	25	5	-	32
3	Радиоаврора	38	7	-	32
4	Геомагнитная активность	30	2	-	24
Итого:		108	16	-	92

## **VI. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем дисциплины**

#### **Тема 1. Структура магнитосферы**

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. Геомагнитные пульсации**

Геомагнитные вариации. Связь геомагнитного поля и состояния магнитосферы с параметрами солнечного ветра. Частицы и волны в магнитосфере. Геомагнитные пульсации. Очень низкочастотное излучение. Движение частиц в электромагнитных полях.

Плоские волны в холодной плазме. Гидромагнитные волны. Неустойчивость плазмы. Собственные колебания магнитосферы. Наблюдения волн в плазме, солнечного ветра и магнитосферы. Естественные электромагнитные излучения.

Геомагнитные пульсации. Классификация. Механизмы генерации и распространения пульсаций. Гидромагнитная диагностика. Спутниковые и наземные наблюдения пульсаций, связь их с другими геофизическими явлениями. Генерация и распространение ОНЧ-излучений в магнитосфере Земли. Классификация ОНЧ-излучений. Связь с физическими процессами в

магнитосфере. Взаимодействие магнитосферы с верхней атмосферой. Высокоширотная ионосфера.

### **Тема 3. Радиоаврора**

Радиоаврора. Морфология, классификация и механизмы образования.

### **Тема 4. Геомагнитная активность**

Полярные сияния. Морфология полярных сияний. Дискретные формы, фоновое свечение. Географическое распределение. 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.

### **6.2. Тематика заданий для самостоятельной работы**

Строение Земли. Геомагнитное поле. Дипольная модель геомагнитного поля. Основные элементы геомагнитного поля. Модель динамо геомагнитного поля. Образование магнитосферы в поле солнечного ветра. Формирование магнитопаузы. Пересоединение магнитных силовых линий. Роль ударной волны и переходного слоя. Внутренняя структура магнитосферы. Магнитосферная мантия, хвост магнитосферы, полярные каспы, нейтральный слой, плазмосфера. Радиационные пояса Земли. Магнитосферные поля.

Понятие геомагнитной активности. Магнитные бури и суббури. Индексы геомагнитной активности.

## **VII. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации данной программы применяются образовательные технологии, описанные в Таблице 2.



Таблица 2 - Применяемые образовательные технологии

Технологии	Виды занятий		
	Лекции	Практ.з.	СРС
Слайд-материалы	+	-	-
Работа в команде	-	-	-
Исследовательский метод	+	-	+
Другие методы	-	-	-

## **VIII. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **8.1. Виды контрольных мероприятий, применяемых контрольноизмерительных технологий и средств**

- Проверка наличия конспектов лекций по дисциплине.
- Экзамен по дисциплине.

### **8.2. Критерии оценки уровня освоения учебной программы (рейтинг)**

Критериями оценки освоения программы являются:

1. Наличие конспектов лекций по дисциплине (наличие предоставляет допуск к экзамену).
2. Сдача экзамена по дисциплине.

### **8.3. Фонд оценочных средств для итоговой аттестации по дисциплине**

Вопросы для проведения экзамена:

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.

Геомагнитные вариации. Связь геомагнитного поля и состояния магнитосферы с параметрами солнечного ветра. Частицы и волны в магнитосфере. Геомагнитные пульсации. Очень низкочастотное излучение. Движение частиц в электромагнитных полях.

Плоские волны в холодной плазме. Гидромагнитные волны. Неустойчивость плазмы. Собственные колебания магнитосферы. Наблюдения волн в плазме, солнечного ветра и магнитосферы. Естественные электромагнитные излучения.

Геомагнитные пульсации. Классификация. Механизмы генерации и распространения пульсаций. Гидромагнитная диагностика. Спутниковые и наземные наблюдения пульсаций, связь их с другими геофизическими явлениями. Генерация и распространение ОНЧ-излучений в магнитосфере Земли. Классификация ОНЧ-излучений. Связь с физическими процессами в магнитосфере. Взаимодействие магнитосферы с верхней атмосферой. Высокоширотная ионосфера.

Радиоаврора. Морфология, классификация и механизмы образования.

Полярные сияния. Морфология полярных сияний. Дискретные формы, фоновое свечение. Географическое распределение. 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.

## **IX. РЕКОМЕНДУЕМОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Основная учебная литература**

Акасофу СИ. Полярные и магнитосферные суббури. М.: Мир, 1971.

Акасофу СИ., Чепмен С. Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1973—1974.

Т. 1 и 2.

- Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.А., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его применение. Л.: Гидрометеиздат, 1992.
- Альперт Я.Л. Волны и искусственные тела в приземной плазме. М.: Наука, 1974.
- Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972.
- Альвен Г., Фельтхаммар К.-Г. Космическая электродинамика. М.: Мир, 1967.
- Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976.
- Афраймович Э.Л. Интерференционные-методы радиозондирования ионосферы. М.: Наука, 1982.
- Бауэр З. Физика планетных ионосфер. М.: Мир, 1976.
- Базаржапов А.Д., Матвеев М.И., Мишин В.М. Геомагнитные вариации и бури. Новосибирск: Наука, 1979.
- Бакунин П.И. Курс общей астрономии. М.: Наука, 1966.
- Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1973.
- Бендат Дж.С., Пирсол А.Г. Измерения и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1971.
- Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. М.: Наука, 1966.
- Библиографические указатели. // Международный геофизический год. М.: Изд. АН СССР, 1954-63.
- Де Бор К. Практическое руководство по сплайнам. М.: Радиосвязь, 1985.
- Брюнелли В.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988.
- Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеиздат, 1980.
- Витинский Ю.И. Солнечная активность. М.: Наука, 1983.
- Витинский Ю.И., Оль А.И., Сазонов Б.А. Солнце и атмосфера Земли. М.: Гидрометиздат, 1976.

- Ионосферные измерения / А.И. Галкин, Н.М. Ерофеев, Э.С. Казимировский, В.Д. Кокоуров. М.: Наука, 1971.
- Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. Л.: Гидрометеиздат, 1963.
- Геофизический бюллетень. М.: Наука, 1958-74. № 1-27.
- Явление F-рассеяния в ионосфере / Б.Н. Гершман, Э.С. Казимировский, В.Д. Кокоуров, Н.А. Чернобровкина. М.: Наука, 1984.
- Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.: Физматгиз, 1947.
- Грушинский Н.П. Теория фигуры Земли. М.: Наука, 1976.
- Гусев А.М. Свободная конвекция в атмосфере и океане. М.: Изд-во МГУ, 1978.
- Гульельми А.В., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. М.: Наука, 1973.
- Данилов А.Д., Казимировский Э.С., Вергасова Г.В., Хачикян Г.Я. Метеорологические эффекты в ионосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- Дженкинс Г.М., Ваттс Д.Г. Спектральный анализ и его приложение. М.: Мир, 1971-72.
- Дорман Л.И. Вариации космических лучей. М.: Наука, 1981.
- Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. М.: Мир, 1973.
- Зирин. Г. Солнечная атмосфера. М.: Мир, 1969.
- Жарков В.Н., Трубицын В.П., Самсоненко Л.В. Физика Земли и планет. М.: Наука, 1971.
- Жеребцов Г.А., Мизун Ю.Г., Мингалев В.С. Физические процессы в полярной ионосфере. М.: Наука, 1988.
- Жеребцов Г.А. От магнитно-метеорологических наблюдений до проблем солнечно-земной физики. // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. Наука, 1986. Вып. 76.
- Иванов-Холодный Г.С., Никольский Г.М. Солнце и ионосфера. М.: Физматгиз, 1969.

- Ионосферно-магнитная служба. / Под ред. С.И. Авдюшина и А.Д. Данилова. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- Исаев С.И., Пудовкин М.И. Полярные сияния и процессы в магнитосфере Земли. Л.: Наука, 1972.
- Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д. Движения в ионосфере. Новосибирск: Наука, 1979.
- Калиткин Н. Н. Численные методы. М.: Наука, 1978.
- Кендалл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981.
- Коваленко В.А. Солнечный ветер. М.: Наука, 1983.
- Кошелев В.В., Климов Н.Н., Сутырин Н.А. Аэрномия мезосферы и нижней термосферы. М.: Наука, 1983.
- Кринберг И.А. Кинетика электронов в ионосфере и плазмосфере Земли. М.: Наука, 1978.
- Кринберг И.А., Тащилин А.В. Ионосфера и плазмосфера. М.: Наука, 1984.
- Магницкий В. А. Внутреннее строение и форма Земли. М.: Наука, 1965.
- Мейндоналд Дж. Вычислительные алгоритмы в прикладной статистике. М.: Финансы и статистика, 1988.
- Мишин В.М. Спокойные геомагнитные вариации и токи в магнитосфере. Новосибирск: Наука, 1976.
- Национальная программа по космической погоде, FCM-P31-1997, США, Вашингтон, 1997.
- Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982.
- Паркер Е. Динамические процессы в межпланетной среде. М.: Мир, 1965.
- Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М.: Мир, 1986.
- Перов С.П., Хргиан АХ. Современные проблемы атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1980.

- Повзнер А.Д. К истории организации Международного геофизического года // История и методология естественных наук. МГУ. 1961—1967.
- Поляков В.М., Щепкин Л.А., Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д. Ионосферные процессы. Новосибирск: Наука, 1968.
- Пономарев Е.А. Механизмы магнитосферных суббурь. М.: Наука, 1985.
- Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975.
- Рикитаки Т. Электромагнетизм и внутреннее строение Земли. М.: Недра, 1968.
- Ришбет Г., Гарриот О. Введение в физику ионосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975.
- Смирнов Н.В., Дудин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математическая статистика для технических приложений. М.: Наука, 1965.
- Тихонов АН., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1972.
- Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. М.: Мир, 1981.
- Уиттен Р., Поппов И. Основы аэронавигации. Л.: Гидрометеиздат, 1977.
- Поток энергии Солнца и его изменения. / Под ред. О. Уайта. М.: Мир, 1980.
- Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л.: Гидрометеиздат, 1982.
- Хргиан АХ. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- Хргиан АХ. Физика атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1973.
- Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. Введение в их физику и химию. М.: Мир, 1981.
- Чемберлен Дж. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. М.: ИЛ. 1963.
- Щепкин Л.А., Климов Н.Н. Термосфера Земли. М.: Наука, 1980.
- Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978.

Akasofu S.-I. Physics of Magnetospheric Substorms. Boston, 1977.

Heikkila W.J. Earth`s Magnetosphere. Elsevier, 2011.

Kelley M.C. The Earth`s ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics. 2th ed. New York: Academic Press, 2009.

Schunk R.W., Nagy A.F. Ionospheres: Physics, Plasma physics, and Chemistry. 2th ed. Cambridge University Press, 2009.

### 9.3. Ресурсы сети Интернет

Ресурсами по рабочей программе являются:

научная библиотека [eLIBRARY.RU](http://eLIBRARY.RU), более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса;

информационная система доступа к российским журналам и обзорам ВИНТИ РАН (<http://vinitit.ru>);

хранилище электронных копий всех издаваемых компанией Springer журналов <http://www.springerlink.com/>;

научная библиотека ИСЗФ СО РАН.

### 9.4. Рекомендуемые специализированные программные средства

Наряду стандартных офисных программ (MSExcel), расчеты производятся в программе математико-статистического моделирования IDL.

### 9.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Мультимедийное оборудование.

- Компьютеры отделов 3.00 и 4.00 ИСЗФ СО РАН.

Составители:

Зав. аспирантурой, к. ф.-м. н.

ученый секретарь, к.ф.-м.н.

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.


зав. лабораторией, д.ф.-м.н.



В.И. Поляков



И.И. Салахутдинова



В.И. Куркин

А.В. Тащилин

Одобрено Ученым советом ИСЗФ СО РАН (Протокол № 9 от 27 августа 2014 г.).