

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

« 20 » апреля 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**2.1.5 Физика магнитосферы**

**Научная специальность 1.6.18. Науки об атмосфере и климате**

Иркутск 2026

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал<br>доктор физико-математических наук | Мишин В.В. |
|-------------------------------------------------------------------|------------|

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

Дисциплина «Физика магнитосферы» входит в образовательный компонент основной профессиональной образовательной программы по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

Дисциплина является обязательной для обучающихся в аспирантуре по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

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

## **2. Цели и задачи дисциплины (модуля)**

Целью дисциплины «Физика магнитосферы» 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 магнитосферы» является:

- Получение и освоение современных знаний о структуре околоземного космического пространства.
- Знакомство аспирантов с физическими механизмами воздействия солнечных факторов на магнитосферу Земли, контролирующих ее состояние и определяющих ее изменчивость.
- Теоретическая подготовка аспирантов к решению научных задач

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

**Знать:**

- дипольную модель геомагнитного поля;
- солнечный ветер: основные параметры в спокойное и возмущенное время, его роль в формировании магнитосферы Земли;
- роль ударной волны и переходного слоя, формирование магнитопаузы,
- открытую модель магнитосферы, пересоединение магнитных силовых линий,
- закрытую модель магнитосферы, формирование вихрей магнитосферной конвекции механизмом квазивязкого взаимодействия;
- структуру внешней магнитосферы: пограничные слои, полярные каспы, хвост магнитосферы: плазменный слой, нейтральный слой;
- структуру внутренней магнитосферы: плазмосфера, кольцевой ток, радиационные пояса Земли;
- понятие геомагнитной активности, индексы геомагнитной активности;
- длиннопериодные геомагнитные вариации - бури и суббури, их фазы и основные процессы, протекающие в ионосфере и магнитосфере;
- короткопериодные колебания геомагнитного поля – геомагнитные пульсации, регулярные и иррегулярные, коротко- и длиннопериодные, дневные и ночные, их применение для таймирования суббур;
- ОНЧ-колебания, их основные виды и механизмы генерации;
- электрические поля и токи в системе магнитосфера-ионосфера, проводимость ионосферы и ее роль в динамике электрических полей и токов;
- основные типы воздействий космической погоды на живые организмы и технику в космических аппаратах и на Земле

**Уметь**

- формулировать решаемые задачи;

- количественно оценивать основные характеристики основных параметров магнитосферы;
- использовать математические знания для решения задач физики магнитосферы;
- 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

#### **4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов / 3 зачетных единицы.

| <b>Вид учебной работы</b>                            | <b>Всего часов /<br/>зачетных единиц</b> |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                    | <b>36/1</b>                              |
| В том числе:                                         |                                          |
| Лекции                                               | 36/1                                     |
| Семинары                                             |                                          |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>                | <b>72/2</b>                              |
| <b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b> | Зачет                                    |
| <b>Контактная работа (всего)</b>                     | 36/1                                     |
| <b>Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)</b>    | <b>108/3</b>                             |

#### **5. Содержание дисциплины (модуля)**

##### **5.1. Содержание разделов и темы дисциплины (модуля)**

##### **Раздел 1. Основные понятия физики магнитосферной плазмы.**

Тема 1. Основные понятия плазмы, движение отдельных частиц, дрейфовое приближение, основные типы дрейфовых движений в магнитосфере; приближение магнитной гидродинамики и ее роль в описании процессов в околоземном космическом пространстве.

Тема 2. Солнечный ветер в спокойное и возмущенное время: основные параметры плазмы и межпланетного магнитного поля (ММП), секторная структура ММП и механизм ее формирования, основные системы координат, применяемые в солнечно-земной физике.

##### **Раздел 2. Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время**

Тема 1. Структура магнитосферы.

Тема 2. Геомагнитная активность. Длиннопериодные вариации геомагнитного поля: магнитосферные бури и суббури.

Тема 3. Электрические поля и токи в системе магнитосфера-ионосфера.

Тема 4. Короткопериодные колебания геомагнитного поля, МГД волны; основные типы плазменных неустойчивостей, их роль в механизмах генерации геомагнитных пульсаций и основных процессов в магнитосфере во время бурь и суббурь.

##### **Раздел 3. Космическая погода - основные последствия солнечных бурь на Земле**

Тема 1. Основные типы воздействия солнечного ветра после солнечных вспышек на живые организмы и аппаратуру на космических аппаратах.

Тема 2. Основные последствия супербурь на Земле.

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

| №                   | Раздел                                                            | Всего часов | Аудиторные занятия |                      | СРС       | Форма контроля |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------|----------------|
|                     |                                                                   |             | Лекции             | Практические занятия |           |                |
| 1                   | Основные понятия физики магнитосферной плазмы                     | 20          | 8                  |                      | 12        | зачет          |
| 2                   | Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время   | 76          | 20                 |                      | 56        | зачет          |
| 3                   | Космическая погода - основные последствия солнечных бурь на Земле | 12          | 8                  |                      | 4         | зачет          |
| <b>Итого (часы)</b> |                                                                   | <b>108</b>  | <b>36</b>          |                      | <b>72</b> |                |
| <b>Итого (з.е.)</b> |                                                                   | <b>3</b>    | <b>1</b>           |                      | <b>2</b>  |                |

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

| № п/п | Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик | № № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Физика атмосферы и климат                                     | Разделы 1-3                                                                                               |
| 2     | Исследовательская практика                                    | Разделы 1-3                                                                                               |

## 5.4. Перечень лекционных занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля)                              | Наименование используемых технологий | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства |
|-------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1.    | Основные понятия физики магнитосферной плазмы                     | лекция                               | 8                   | устный опрос       |
| 2.    | Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время   | лекция                               | 20                  | устный опрос       |
| 3.    | Космическая погода - основные последствия солнечных бурь на Земле | лекция                               | 8                   | устный опрос       |

## 5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Данный вид занятий не предусмотрен

## 5.6. Перечень и содержание самостоятельной работы

| Раздел | Тема                                                                                                                                                                                                                                   | Вид самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                              | Рекомендуемая литература                                                | Всего часов |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | Основные понятия плазмы, движение отдельных частиц, дрейфовое приближение, основные типы дрейфовых движений в магнитосфере; приближение магнитной гидродинамики и ее роль в описании процессов в околоземном космическом пространстве. | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.<br>Расчет характерных значений гиро и плазменных частот, дебаевского и ларморовского радиусов в около-земном космическом пространстве | основная литература: 1,9-11;<br>дополнительная литература: 1,4,7,11-13. | 8           |
| 1      | Солнечный ветер в спокойное и возмущенное время: основные                                                                                                                                                                              | Конспектирование и выделение главных тезисов                                                                                                                                                                                            | основная литература: 1,9;                                               | 4           |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                             |                                                                                  |    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
|   | параметры плазмы и межпланетного магнитного поля (ММП), секторная структура ММП и механизм ее формирования, основные системы координат, применяемые в солнечно-земной физике                                                                     | по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.                                                                                        | дополнительная литература: 7                                                     |    |
| 2 | Структура магнитосферы.                                                                                                                                                                                                                          | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.<br>Решение 5 задач по физике магнитосферы | основная литература: 1-3, 7-9,11;<br>дополнительная литература: 7, 9-13          | 14 |
| 2 | Геомагнитная активность. Длиннопериодные вариации геомагнитного поля: магнитосферные бури и суббури.                                                                                                                                             | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.                                           | основная литература: 2,5, 6, 8-12;<br>дополнительная литература: 2,3, 5-8, 12,14 | 12 |
| 2 | Электрические поля и токи в системе магнитосфера - ионосфера.                                                                                                                                                                                    | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.                                           | основная литература: 2, 5, 8,11;<br>дополнительная литература: 2,3, 5,6, 10      | 16 |
| 2 | Короткопериодные колебания геомагнитного поля (геомагнитные пульсации), МГД волны и основные типы плазменных неустойчивостей, их роль в механизмах генерации геомагнитных пульсаций и основных процессов в магнитосфере во время бурь и суббурь. | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.                                           | основная литература: 4, 6, 9;<br>дополнительная литература: 14                   | 14 |
| 3 | Основные типы воздействия солнечного ветра после солнечных вспышек на живые организмы, аппаратуру на космических аппаратах.                                                                                                                      | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.                                           | основная литература: 10;<br>дополнительная литература: 14                        | 2  |
| 3 | Основные последствия супербурь на Земле.                                                                                                                                                                                                         | Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.                                           | основная литература: 10;<br>дополнительная литература: 14                        | 2  |

### **Методические указания по организации самостоятельной работы**

Каждый вид самостоятельной работы направлен на закрепление и углубление знаний, полученных во время аудиторных занятий.

#### **1) Работа с конспектами лекций**

Аспирант повторяет содержание лекции, используя материалы конспекта, в случае необходимости дополняет их информацией из рекомендуемой и дополнительной литературы.

#### **2) Работа с литературой**

Аспирант осваивает материал, предназначенный для самостоятельного изучения, используя рекомендуемую и дополнительную литературу, составляет подробный конспект темы, анализирует, формулирует проблемные вопросы по теме

#### **3) Решение задач**

## 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     | Альвен, Г. К. Г. Фельтхаммар. Космическая электродинамика. Основные принципы: пер. с англ. М. Мир, 1967. 260 с.                                                                                      | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 2     | С. И. Акасофу, С. Чепмен; Солнечно-земная физика : ч.2 / Пер. с англ. под ред. Г.М. Никольского. М. Мир, 1975. 512 с.                                                                                | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 3     | Шабанский В.П., Явления в околоземном пространстве. М., «Наука», 1972.                                                                                                                               | 2 экз.                                                                                        |
| 4     | Гульельми А.В., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. М.: Наука, 1973.                                                                                                    | 2 экз.                                                                                        |
| 5     | Пудовкин, М. И. О. М. Распопов, Н. Г. Клейменова. Возмущения электромагнитного поля Земли, Ч.1. Полярные магнитные возмущения. Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 220 с.                                | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 6     | Пудовкин, М. И. О. М. Распопов, Н. Г. Клейменова. Возмущения электромагнитного поля. Ч.2. Короткопериодические колебания геомагнитного поля / М. И. Пудовкин, Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. 271 с. | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 7     | В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. Магнитосфера Земли = The Earth's magnetosphere М. Наука, 1980. 174 с.                                                                                                | 4 экз.                                                                                        |
| 8     | Мальцев, Ю. П. Лекции по магнитосферно-ионосферной физике. - Апатиты : КНЦ, 1995. 125 с.                                                                                                             | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 9     | Плазменная Гелиогеофизика, Под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 1 том, 672с.                                                                                               | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 10    | Плазменная Гелиогеофизика, Под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 2 том, 560с                                                                                                | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 11    | Сергеев, В. А. Магнитосферные возмущения [] : цикл лекций по физике магнитосферы / В. А. Сергеев. - Санкт-Петербург : [б. и.], 2018. - 218 с.                                                        | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |

### 6.2. Дополнительная литература

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы | Количество экземпляров                                                                        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. М.: Атомиздат. 1968. 289 с.                         | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 2     | Акасофу С. -Н. Полярные и магнитосферные суббури: пер. с англ.- М. : Мир, 1971. - 320 с            | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ |
| 3     | Мишин, В. М. Спокойные геомагнитные вариации                                                       | 2 экз.                                                                                        |

|    |                                                                                                                                                                       |                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | и токи в магнитосфере : монография /; отв. ред. В. Е. Степанов ; АН СССР, СО, СибИЗМИР . - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1976. 207 с.                            |                                                                                                  |
| 4  | Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З.. Физика плазмы для физиков. М. Атомиздат. 1979. - 322 с.                                                                                 | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 5  | Ляцкий В. Б. Токовые системы магнитосферно - ионосферных возмущений. Л. Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 200 с.                                                         | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 6  | 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.                                                                                           |
| 7  | Коваленко В.А. Солнечный ветер. М.: Наука, 1983.                                                                                                                      | 4 экз.                                                                                           |
| 8  | Пономарев, Е. А. Механизмы магнитосферных суббурь / Е. А. Пономарев ; отв. ред. Ю. И. Гальперин ; АН СССР. СО. СибИЗМИР. - М. : Наука, 1985. - 159 с.                 | 4 экз.                                                                                           |
| 9  | Лайонс Л., Д.Уильямс. Физика магнитосферы. М.; Мир. 1987.                                                                                                             | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 10 | Kamide Y., W. Baumjohann. - Magnetosphere - Ionosphere Coupling [Electronic resource] /Berlin ; Heidelberg : Springer - Verlag, 1993. - 175 p                         | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 11 | Parks G.K., Physics of Space Plasmas. Introduction, Westview Press., 2nd edition, 2004                                                                                | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 12 | Плазменная Гелиогеофизика, Под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 1 том, 672с.                                                                | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 13 | Плазменная Гелиогеофизика, Под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 2 том, 560с                                                                 | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 14 | Веселовский, А. П., И. П. Кропоткин. Физика межпланетного и околоземного пространства. М. : Университетская книга, 2010. - 116 с.                                     | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |
| 15 | Heikkila W.J. Earth`s Magnetosphere formed by the low - latitude boundary layers. Elsevier, 2011.                                                                     | ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):<br>неограниченный доступ |

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

- Архив наблюдений геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (<http://atmos.iszf.irk.ru/>)
- Научная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>)
- Научные данные (материалы) издательства Cambridge University Press (<http://www.cambridge.org>)

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

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
- Журналы Американского физического общества <http://publish.aps.org/>

- научная электронная библиотека + Российский Индекс Научного Цитирования <https://elibrary.ru>
- Международный каталог и поисковая система по публикациям в области астрофизики [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)
- 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;
- решение задач по физике магнитосферы, заданных преподавателем.

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**

- современные представления о структуре магнитосферы в целом, об основных ее областях, включая радиационные пояса, плазмосферу, плазменный и нейтральный слои, доли хвоста;
- современные методы исследования магнитосферы и её поведения в различных геофизических условиях;
- основные теоретические представления о строении магнитосферы.

#### **Уметь**

- применить современные знания о строении и свойствах магнитосферы для понимания геофизических явлений в околоземном космическом пространстве;
- проводить качественный анализ магнитосферных данных на основе теоретических и эмпирических моделей
- количественно оценить влияние того или иного процесса на общую картину поведения магнитосферы.

#### **Владеть**

- базовой терминологией для описания характеристик магнитосферы;
- методами обработки экспериментальных данных;
- навыками работы с научной информацией в области магнитосферных исследований;
- основными математическими методами решения задач магнитосферы.

### **Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра.

Текущий контроль знаний обучающихся организован как:

- 1) устный групповой опрос для повторения и закрепления главных тезисов тем, формулирования и обсуждения проблемных вопросов;
- 2) представления решений задач, заданных преподавателем. 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.

### **Оценочные средства для оценки текущей успеваемости аспирантов**

#### **Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине**

| Раздел/Тема | ОС | Содержание задания |
|-------------|----|--------------------|
|-------------|----|--------------------|

|                                                                   |               |                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Основные понятия физики магнитосферной плазмы                     | собеседование | Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу. |
| Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время   | собеседование | Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу  |
| Космическая погода - основные последствия солнечных бурь на Земле | собеседование | Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу  |

### Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется по окончанию дисциплины, в виде **зачета** в соответствии с графиком учебного процесса. Проверка наличия конспектов и решения задач по дисциплине является допуском к зачету. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий), аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### Вопросы для зачета

##### Раздел 1. Структура верхней атмосферы

1. Радиусы Дебая и циклотронный, плазменная частота и гирочастота. Квазинейтральность, пределы применимости магнитной гидродинамики.
2. Дрейфы частиц в магнитосфере. Скорость дрейфа, адиабатические инварианты: продольный и магнитный момент. В чем отличие дрейфа в скрещенных полях **E** и **B** от остальных? Как зависит энергия захваченных частиц от радиального расстояния от Земли?
3. Вмороженность плазмы, понятие силовой трубки и как с ее помощью можно объяснить формирование границы магнитосферы?
4. Солнечный ветер, основные параметры в спокойное и возмущенное время, направление скорости и ММП, как формируется спиральная структура ММП?
5. Основные системы координат, применяемые в солнечно-земной физике
6. МГД разрывы, в чем главное отличие тангенциального и контактного разрывов от ударного и вращательного? Закон распыливания разрывов в зависимости от времени.

##### Раздел 2. Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время

1. Как пересоединение превращает тангенциальный разрыв во вращательный? На каких погранслоях магнитосферы реализуются тангенциальный и вращательный разрывы и где конкретно? Какой тип разрыва на магнитопаузе объясняет модель Чепмена-Ферраро?
2. Магнитосферная конвекция. Открытая (Данжи) и закрытая модели (Аксфорда-Хайнса) магнитосферы, их относительный вклад в разность электрических потенциалов на полярной шапке.
3. Проводимость ионосферной плазмы, 3 типа, их соотношение в области E. На каких высотах реализуется динамо эффект? Какой ток переносят электроны, а какой ионы – Педерсена или Холла? Какой из них создает магнитный эффект под ионосферой высоких широт, а какой Джоулев нагрев?
4. Кинематическая модель обтекания магнитосферы Спрайтера, Алксне. При какой ориентации ММП магнитное поле в магнитосфере становится максимальным, при какой

минимальным? Какая асимметрия утро-вечер в распределении магнитного поля в магнитосфере реализуется при средней спиральной ориентации ММП?

5. Геомагнитные вариации, индексы геомагнитной активности Kp, AE (AL, Al), Dst

6. Строение магнитосферы внутренней и внешней. Схема магнитосферной конвекции, плазмосфера, радиационные пояса, кольцевой ток, плазменный слой, нейтральный слой. Их изменения с ростом геомагнитной активности.

7. Продольные токи, их связь с градиентами теплового давления и завихренностью на границах магнитосферы и плазменного слоя, с выпадениями электронов в ионосфере и полярными сияниями.

8. Основные фазы развития суббури, суббури в полярных сияниях. Как расположен овал полярных сияний?

9. Явления в хвосте магнитосферы во время подготовительной фазы суббури, динамика плазменного и нейтрального слоев.

10. Явления в хвосте магнитосферы во время взрывной фазы суббури. Динамика частичного кольцевого тока, восточного и западного электроджетов. Диполизация и механизмы формирования западного электроджета. Какое соотношение направлений скорости конвекции и тока Холла в ионосфере?

11. Магнитосферные бури, ее фазы. Какие токи вносят основной вклад в Dst-вариацию? Насыщение токов в хвосте и соотношение вклада токов в хвосте и кольцевого тока в Dst-вариацию.

12. Насыщение радиуса подсолнечной точки магнитораузы, площади полярной шапки и переносимого через нее в ионосферу магнитного потока магнитосферы в зависимости от южной компоненты ММП и динамического давления солнечного ветра.

13. Три типа МГД волн в однородной плазме. Их дисперсионные уравнения и фазовые скорости. Какие параметры в них возмущаются?

14. Механизм пучковой неустойчивости в плазме.

15. Механизм неустойчивости Кельвина-Гельмгольца.

16. Механизм неустойчивости Рэлея-Тейлора.

17. Регулярные и иррегулярные геомагнитные пульсации. Какие из них наблюдаются во время начала взрывной фазы суббури?

### **Раздел 3. Космическая погода - основные последствия солнечных бурь на Земле**

1. Основные типы воздействия солнечного ветра после солнечных вспышек на живые организмы и аппаратуру на космических аппаратах.

2. Основные последствия супербури на Земле.

#### **Задачи: №№ 1-4- к разделу 1, остальные – к разделу 2.**

1) Найти положения точек либрации, в которых уравниваются силы гравитационного притяжения Земли и: а) Солнца, б) Луны.

2) Рассчитать значение L-оболочки геостационарной орбиты.

3) Рассчитать значения гирочастот и плазменной частот электронов и протонов, их гирорадиусов в ионосфере, магнитосфере, солнечном ветре и в солнечной короне для характерных параметров сред, приведенных в таблице.

4) Найти значения плотности плазмы солнечного ветра в спокойных и возмущенных условиях, когда доля альфа частиц изменяется от 5% до 20% после вспышек на Солнце, считая, что концентрация протонов не изменяется и составляет  $n=5 \text{ см}^{-3}$ .

5) Значения скорости солнечного ветра  $v=400 \text{ км/с}$  и его плотности  $n=5 \text{ см}^{-3}$ , найти положение подсолнечной точки магнитопаузы (расстояние  $r_0$  до центра Земли), считая значение поля на границе равным двойному полю земного диполя и пренебрегая наличием межпланетного магнитного поля.

6) Оценить смещение положения подсолнечной точки магнитопаузы  $\Delta r$  относительно положения, найденного в предыдущей задаче, при появлении магнитного поля в солнечном ветре, считая последнее много меньшим геомагнитного .

7) Во сколько раз нужно увеличить суммарное динамическое и магнитное давление солнечного ветра, чтобы уменьшить расстояние до подсолнечной точки магнитопаузы в 2 раза?

8) Считая, что межпланетное электрическое поле полностью проникает через «открытую» магнитопаузу, для след. Параметров солнечного ветра:  $V_{св}=400\text{км/с}$ ;  $B_{св}=5\text{нТ}$  найти:

а) значение  $L$  наиболее удаленной точки сепаратрисы – вечернего выступа плазмопаузы в 18 LT

б) длину «линии пересоединения» в солнечном ветре для разности потенциалов через полярную шапку  $\Delta\varphi = 20\text{ кВ}$ .

9) Считая, что магнитное поле солнечного ветра направлено по отношению к поверхности головной ударной волны по нормали на утренней стороне и по касательной на вечерней стороне оценить соотношение значений внешнего магнитного давления в магнитослое на утреннем и вечерней флангах магнитосферы.

10) Аппроксимируя кольцевой ток тонким кольцом радиуса  $r=6R_E$ , найти величину тока в нем во время сильной магнитосферной бури 20.11. 2003, когда величина  $Dst$  вариации (понижение геомагнитного поля на экваторе) достигло значения  $Dst = -480\text{ нТ}$ .

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если основной материал усвоен, аспирант приобрел необходимые знания и умения;

- оценка «не зачтено» - если основной материал усвоен недостаточно, аспирант не приобрел необходимых знаний и умений.