

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  
« 15 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Д.Э.2 Физика магнитосферы**

**Научная специальность 1.3.4. Радиофизика**

Иркутск 2023

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал 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 1.3.4. Радиофизика.

Дисциплина является элективной для обучающихся в аспирантуре по научной специальности 1.3.4. Радиофизика.

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 суббури;
- 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 / зачетных единиц</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>18/0,5</b>
В том числе:	
Лекции	18/0,5
Семинары	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>90/2,5</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>	Зачет
<b>Контактная работа (всего)</b>	18/0,5
<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	4		16	зачет
2	Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время	76	10		66	зачет
3	Космическая погода-основные последствия солнечных бурь на Земле	12	4		8	зачет
<b>Итого (часы)</b>		<b>108</b>	<b>18</b>		<b>90</b>	
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>3</b>	<b>0,5</b>		<b>2,5</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	4	устный опрос
2.	Магнитосфера Земли, ее структура и динамика в возмущенное время	лекция	10	устный опрос
3.	Космическая погода-основные последствия солнечных бурь на Земле	лекция	4	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.  Расчет характерных значений gyro и плазменных частот, дебаевского и ларморовского радиусов в околоземном космическом пространстве	основная литература: 1,9-11; дополнительная литература: 1,4,7,11-13.	8
1	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	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.	основная литература: 1,9; дополнительная литература: 7	4
2	Структура магнитосферы.	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме. Решение 5 задач по физике магнитосферы	основная литература: 1-3, 7-9,11; 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; дополнительная литература: 2,3, 5-8, 12,14	12
2	Электрические поля и токи в системе магнитосфероионосфера.	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.	основная литература: 2, 5, 8,11; 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; дополнительная литература: 14	10
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; дополнительная литература: 14	4
3	Основные последствия супербурь на Земле.	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме.	основная литература: 10; дополнительная литература: 14	4

### 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	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ):

	: ч.2 / Пер. с англ. под ред. Г.М. Никольского. М. Мир, 1975. 512 с.	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.
	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
8	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
9	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
10	В.А. Сергеев Лекции по физике магнитосферы. СпГУ.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

## 6.2. Дополнительная литература

№ 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. 287 с.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
2	Акасофу С. И. Полярные и магнитосферные суббури: пер. с англ.- М. : Мир, 1971. - 317 с	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
3	Мишин, В. М. Спокойные геомагнитные вариации и токи в магнитосфере : монография /; отв. ред. В. Е. Степанов ; АН СССР, СО, СибИЗМИР . - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1976. 207 с.	2 экз.
4	Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З.. Физика плазмы для физиков. М. Атомиздат. 1979. 165 с	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
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> ): 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. М.: Наука, 1985.	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> ): 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> ): 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> ): 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> ): 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> ): 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> ): 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> ): неограниченный доступ
16	Лазутин Л.Л. Мировые и полярные магнитные бури. М., 2012	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

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

- База данных наблюдений отдела физики околоземного космического пространства ИСЗФ СО РАН (<http://dep1.iszf.irk.ru/>)
- 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)
- Международная система индексирования публикаций Web of Science <http://webofknowledge.com>
- 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
- VideoMost Proton

## **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-	собеседование	Составить и обсудить на занятии

основные последствия солнечных бурь на Земле		проблемные вопросы по изученному разделу
--	--	--

### Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется по окончании 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 расплывания 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 магнитослое становится максимальным, при какой минимальным? Какая асимметрия утро-вечер в распределении магнитного поля в магнитослое 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:  $V_{\text{св}}=400 \text{ км/с}$ ;  $B_{\text{св}}=5 \text{ нТ}$  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  $\Delta\varphi = 20$  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  $Dst = -480$  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.