

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
«11» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.6 Физика магнитосферы

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

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

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

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

Форма обучения: **очная**

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 кандидат физико-математических наук	Д.Ю. Климушкин
---	----------------

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

Дисциплина «Физика магнитосферы» относится к вариативной части Блока 1 основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика.

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опирается: «Введение в физику плазмы», «Магнитная гидродинамика»

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: «Вопросы математической физики»

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика.

Основная цель курса – дать студентам основные представления о характеристиках магнитосферы Земли и методах ее изучения.

Задачами дисциплины «Физика магнитосферы» является:

- изучить основные параметры магнитосферы Земли;
- изучить основные законы, управляющие магнитосферной плазмой;
- познакомиться с основными методами исследований, применяемыми в физике магнитосферы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Физика магнитосферы» 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 фундаментальные понятия, законы, теории физики магнитосферы; Уметь математически формулировать условия физических задач; Владеть навыками теоретического анализа задач магнитной гидродинамики.
	ИД 2. Знает методы и приемы организации, выполнения экспериментальных исследований на современном уровне и анализировать их результаты.	Знать теоретические методы исследования динамики магнитосферной плазмы в рамках магнитной гидродинамики. Уметь выделять главное содержание исследуемого физического явления и выбирать оптимальную физическую модель его описания, позволяющую рассчитать адекватные характеристики
	ИД 3. Умеет использовать	Уметь эффективно

	фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач	использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы; Владеть математическим моделированием физических задач
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	ИД-1. Демонстрирует базовые знания теоретических и экспериментальных разделов физики в области физики солнечно-земных связей	Знать современные проблемы физики магнитосферы; Уметь формулировать физическую постановку задач физики магнитосферы; Владеть аналитическими методами исследования динамики магнитосферной плазмы в рамках магнитной гидродинамики

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

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 (зачет)	
Контактная работа (всего)	72/2
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	108/3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Введение в физику магнитосферы

1. История открытия магнитосферы
2. Основные характеристики магнитосферы
3. Методы изучения магнитосферы
4. Ближний космос: регионы магнитосферы и ионосферы, солнечный ветер

Раздел 2. Космическая электродинамика

1. Основные уравнения электродинамики
2. Геометрия магнитного поля
3. Кинетика
4. 2-жидкостная МГД
5. 1-жидкостная МГД
6. Законы сохранения импульса и энергии в 1-жидкостной МГД
7. Вмороженность плазмы в магнитное поле

Раздел 3. Глобальная динамика магнитосферы

1. Потоки вещества и энергии в магнитосфере
2. Геомагнитное поле
3. Образование полости в солнечном ветре
4. Электрическое поле в магнитосфере
5. Движение в однородном поле
6. Приближение ведущего центра
7. Дрейфы
8. Токи в ионосфере
9. Токи в магнитосфере: МГД
10. Токи в магнитосфере: кинетика
11. Токи в магнитосфере: намагниченность
12. Уравнение энергии
13. Конвекция
14. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие
15. Продольные токи
16. Продольное электрическое поле
17. Хвост магнитосферы
18. Радиационные пояса
19. Пересоединение

Раздел 4. Возмущения в магнитосферной плазме

1. Индексы геомагнитной активности
2. Магнитные бури
3. Суббури
4. Волны в холодной плазме
5. Волны в ионосфере
6. ОНЧ-волны
7. УНЧ-волны
8. Взаимодействие волна-частица
9. Неустойчивости в 1-жидкостной МГД
10. Неустойчивости в 2-жидкостной МГД
11. Неустойчивости в кинетике
12. Ударные волны

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары	
1	Введение в физику магнитосферы	4	2				2
2	Космическая электродинамика	24	8		8		8
3	Глобальная динамика магнитосферы	50	16		18		16
4	Возмущения в магнитосферной плазме	30	10		10		10
Итого (часы)		108	36		36		36
Итого (з.е.)		3	1		1		1

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

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Производственная практика (НИР)	Разделы 1-4
2.	Физика гелиосферы	Раздел 4, тема 4.3

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Раздел 1 Темы 1.1-1.4	Лекция	6	Ответы на вопросы
2.	Раздел 2 Темы 2.1-2.7	Лекция	8	Ответы на вопросы
3.	Раздел 3 Темы 3.1-3.19	Лекция	16	Ответы на вопросы
4.	Раздел 4 Темы 4.1-4.12	Лекция	10	Ответы на вопросы

5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	3.1-3.3	Вывод основных формул, описывающих взаимодействие солнечного ветра и магнитосферы (в рамках 1-жидкостной МГД)	4	Собеседование Решение задач
2.	2.5, 2.9	Вывод основных формул, описывающих стационарное магнитное поле и МГД-равновесие	8	Собеседование Решение задач
3.	3.5-3.7	Вывод основных формул, описывающих движение частиц в магнитосфере (в дрейфовом приближении)	4	Собеседование Решение задач
4.	3.14-3.15	Вывод основного уравнения магнитосферно-ионосферного взаимодействия и его решение для различных частных случаев	4	Собеседование Решение задач

5.	3.17	Вывод основных формул, описывающих равновесие хвоста магнитосферы	6	Собеседование Решение задач
6.	4.4-4.7	Вывод основных формул, описывающих волны в магнитосферной плазме (в рамках 1-жидкостной и 2-жидкостной МГД, а также кинетики)	4	Собеседование Решение задач
7.	4.8	Вывод основных формул, описывающих взаимодействие волна-частица (на основе классической механики)	4	Собеседование Решение задач
8.	4.9-4.11	Вывод основных формул, описывающих неустойчивости в магнитосферной плазме (в рамках 1-жидкостной и 2-жидкостной МГД)	2	Собеседование Решение задач

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература
1.	I.1-I.4	самостоятельное решение задач	Задачи на движение космических аппаратов в магнитосфере	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)
2.	2.1-2.6	самостоятельное решение задач	Задачи на уравнения магнитной гидродинамики	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)
3.	3.1-3.19	самостоятельное решение задач	Задачи на дрейфовое движение частиц в неоднородном магнитном поле, магнитогидродинамическое равновесие, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)
4.	4.1-4.12	самостоятельное решение задач	Задачи на волны и неустойчивости в горячей замагниченной плазме, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины (пункт 6)

5.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении лабораторных работ.

2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.

3) В библиотеке, дома, в общежитии, в лаборатории при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Задачи для самостоятельной работы

1. Рассчитать плотность тока на магнитопаузе (в подсолнечной точке), если известно расстояние до магнитопаузы.

2. Рассчитать величину кольцевого тока в магнитосфере, если известен профиль давления плазмы.

3. Вычислить баунс-период частицы в магнитосфере при заданных значениях энергии и экваториального питч-угла.

4. Вычислить частоту альфвеновской волны при заданном профиле концентрации и продольной длине волны 1 радиус Земли в 1-мерно неоднородной модели магнитосферы.

5. Вычислить инкремент неустойчивости Кельвина-Гельмгольца при заданном значении сдвига скорости на магнитопаузе.

6. Вычислить энергию частицы, соответствующую дрейфовому резонансу частицы с альфвеновской волной.

7. Вычислить скорость дрейфа в долях хвоста при заданном градиенте плазменного давления.

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.	Харгривс, Дж. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи: Введение в физику околоземной космической среды. Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 351 с.	4
2.	Лайонс Л., Уильямс Д. Физика магнитосферы. Количественный подход. М.: Мир, 1987. - 312 с.	2
3.	Плазменная гелиогеофизика: в 2-х т. / под ред. Л. М. Зеленый, И.	2

	С. Веселовский. - М. : Физматлит, 2008 - . Т.1 . - 2008. - 672 с.	
4.	Плазменная гелиогеофизика : в 2-х т. / под ред. Л. М. Зеленый, И. С. Веселовский. - М. : Физматлит, 2008 -Т.2 . - 2008. - 560 с.	2

6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Пономарев, Е. А. Механизмы магнитосферных суббурь. АН СССР. СО. СибИЗМИР. - М. : Наука, 1985. - 159 с.	3
2.	Базаржапов А. Д., Матвеев М. И., Мишин В. М. Геомагнитные вариации и бури. АН СССР, СО, СибИЗМИР . - Новосибирск : Наука, 1979. - 248 с.	2
3.	Мишин, В. М. Спокойные геомагнитные вариации и токи в магнитосфере : монография. АН СССР, СО, СибИЗМИР . - Новосибирск : Наука, Сиб. отделение, 1976.	2
4.	Леонович А. С., Мазур В. А.. Линейная теория МГД-колебаний магнитосферы - Москва : Физматлит, 2016. - 480 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ

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

- <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>

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>

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

- Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://helioviewer.org/>

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
- Система ВКС VideoMost Proton

7. Образовательные технологии

- Интерактивные лекции
- Решение задач
- Групповые дискуссии

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 магистрантами 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:

- Решение задач
- Конспектирование

При необходимости, в процессе работы над заданием, магистрант 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: <ul style="list-style-type: none">● 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: <ul style="list-style-type: none">● персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q● мониторы ПУАМА PL2283H, Dell CRHX9K2● доска магнитно-маркерная Branberg● экран для проектора Projecta● проектор BenQ MH733 1920 x 1080