

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Мурманский арктический государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «МАГУ»)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.03 Космическая электродинамика**  
(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы  
по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**05.06.01 Науки о Земле**

**направленность (профиль) Науки об атмосфере и климате**

(код и наименование направления подготовки)

с указанием направленности (наименования магистерской программы))

**высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование – специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

квалификация

**заочная**

форма обучения

**2021**

год набора

**Составитель(и):** Намгаладзе А.А.,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Утверждена на заседании кафедры  
математики, физики и информационных  
технологий  
факультета математических и естественных  
наук  
(протокол № 06 от 17.02.2022г.)

Зав. кафедрой  Ляш О.И.

## **1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель** дисциплины «Космическая электродинамика» – формирование у аспирантов навыков решения проблем, требующих применения фундаментальных и прикладных знаний в области космической электродинамики, смежной с космической геофизикой и математическим моделированием атмосферы, ионосферы и магнитосферы Земли, научного мышления, обучение методам организации и методики проведения научно-исследовательской работы в данной области.

**Задачи** изложения и изучения дисциплины «Космическая электродинамика» – посредством теоретических занятий с аспирантами, индивидуальной (самостоятельной) познавательной деятельности аспирантов:

- овладеть фундаментальными понятиями, законами и теориями космической электродинамики;
- ознакомить с методами геофизических исследований в области космической электродинамики;
- ознакомить со структурой экспериментальных и теоретических данных о физических параметрах околоземной среды;
- овладеть с современными методами математического моделирования околоземной среды;
- ознакомить с современными методами визуализации экспериментальных и теоретических данных.

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- основные принципы и методы исследования движения заряженных частиц в магнитных полях;
- критерии применимости магнитной гидродинамики;
- теорию магнитной плазмы.

### **Уметь:**

- самостоятельно разбираться в современных физических проблемах и задачах исследований магнитогидродинамики околоземного и космического пространства.

### **Владеть:**

- средствами и методами исследования электродинамических явлений, связанных с процессами, протекающими в околоземном и межпланетном пространстве.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

**ОПК-2:** готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

**УК-3:** готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 05.06.01 Наука о Земле, Направленность (профиль): Физика атмосферы и гидросферы.

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы или 108 часов, из расчета 1 ЗЕТ = 36 часов.

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
1	1	3	108	12	6	-	18		81	-	9	экзамен
Итого:		3	108	12	6	-	18		81	-	9	

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1	Движение заряженной частицы в магнитном поле	2	4	-	6	-	16	-
2	Магнитная гидродинамика	2	-	-	2	-	15	-
3	Магнитная гидростатика	2	-	-	2	-	12	-
4	Плазма в магнитном поле	2	2	-	4	-	14	-
5	Диффузия в магнитной плазме	2	-	-	2	-	12	-
6	Магнитные свойства плазмы	2	-	-	2	-	12	-
	Экзамен	-	-	-	-	-	-	9
	<b>Всего</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>81</b>	<b>9</b>

**Содержание дисциплины**

**Тема 1. Движение заряженной частицы в магнитном поле.**

Движение заряженной частицы в однородном постоянном магнитном поле. Невозмущенное движение. Движение под действием немагнитных сил. Движение, обусловленное неоднородностью магнитного поля. Медленно меняющееся магнитное поле. Переменное магнитное поле. Движение вдоль искривленных силовых линий.

Движение в поле магнитного диполя. Дрейф в поле диполя. Влияние электрического поля на движение заряженных частиц в магнитном поле. Колебания вдоль силовых линий. Области движения заряженных частиц в поле магнитного диполя.

Ускорение заряженных частиц в изменяющихся магнитных полях. Однократное, многократное ускорение. Магнитная накачка.

### **Тема 2. Магнитная гидродинамика.**

Гидромагнитные волны. Основные уравнения. Плоские волны в несжимаемой жидкости. Однородное магнитное поле. Бесконечная проводимость. Конечная проводимость. Гидромагнитная волна на границе двух сред. Волны произвольной формы в несжимаемой жидкости. Бесконечная проводимость. Замечания о действии силы Кориолиса. Гидромагнитные колебания жидких тел. Гидромагнитные волны в сжимаемой среде. Магнитозвуковые волны. Критерии применимости магнитной гидродинамики. Установившееся движение проводящих жидкостей в магнитном поле.

### **Тема 3. Магнитная гидростатика.**

Бессилловые магнитные поля. Гидромагнитная устойчивость. Устойчивость винтовых магнитных полей. Механизмы генерации космических магнитных полей. Теорема Каулинга. Самовозбуждающееся динамо. Усиление поля за счет неустойчивости.

### **Тема 4. Плазма в магнитном поле.**

Свойства магнитной плазмы. Теория магнитной плазмы. Макроскопическое и микроскопическое описание плазмы. Поперечная и холловская проводимости. Эффект запираания тока Холла. Токи в неоднородной плазме, перпендикулярные магнитному полю. Вмороженные силовые линии. Образование плазменных неоднородностей.

### **Тема 5. Диффузия в магнитной плазме.**

Диффузия параллельно и перпендикулярно магнитному полю. Амбиполярная диффузия.

### **Тема 6. Магнитные свойства плазмы.**

Расширяющийся поток магнитной плазмы. Электрические и магнитные поля. Функции распределения.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Основная литература**

1. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы : учебное пособие для вузов : в 2 томах / И. А. Котельников. — 3-е изд., испр. И доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 1 : Основы физики плазмы — 2021. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-6958-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165805>.

2. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы : учебное пособие для вузов : в 2 томах / И. А. Котельников. — 3-е изд., испр. И доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 2 : Магнитная гидродинамика — 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-6933-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165806>.

3. Крылов, В. И. Некоторые особенности элементарных процессов в плазме, вызванных квазиоднородным и квазистационарным электрическим полем : монография / В. И. Крылов. — 2-е изд., доп. — Хабаровск : ДВГУПС, 2020. — 110 с. — ISBN 978-5-262-00874-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/179336>.

4. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. —

448 с. — ISBN 978-5-8114-1198-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167879>.

5. Рожанский, В. А. Теория плазмы : учебное пособие / В. А. Рожанский. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1233-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168368>.

#### **Дополнительная литература**

6. Арцимович, Л. А. Что каждый физик должен знать о плазме / Л. А. Арцимович. - 2-е изд. - М. : Атомиздат, 1977. - 112 с. : ил.

7. Кадомцев, Б. Б. Коллективные явления в плазме / Б. Б. Кадомцев. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 303 с. : ил.

8. Синкевич, О. А. Физика плазмы : стационар. процессы в частично ионизованном газе : учеб. пособие для инж. - физ. и физ. - техн. спец. вузов / О. А. Синкевич, И. П. Стаханов. - М. : Высшая школа, 1991. - 190 с. : ил.

9. Чен, Ф. Введение в физику плазмы / Ф. Чен ; пер. с англ. Е. Н. Кручины ; под ред. В. И. Шевченко. - М. : Мир, 1987. - 398 с. : ил.

10. Франк-Каменецкий, Д. А. Лекции по физике плазмы : [учеб. пособие] / Д. А. Франк-Каменецкий. - 5-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 280 с. - (Физтеховский учебник). - ISBN 978-5-9155-9-002-0 : 452-07.

### **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

– специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории);

– помещение и оборудование научно-исследовательской лаборатории «Компьютерное моделирование физических процессов в околоземной среде»;

– помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

– помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

#### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ:**

1. Microsoft Office;
2. Intel Parallel Studio XE;
3. Golden Software Grapher;
4. Golden Software Surfer;
5. Adobe Photoshop CC.

#### **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ:**

1. ЭБС «Издательство Лань» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

2. ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к

лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

### **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

1. Информационно-аналитическая система SCIENCEINDEX
2. Электронная база данных Scopus
3. Базы данных компании CLARIVATEANALYTICS

### **7.4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
2. ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре». – Режим доступа: <http://www.informio.ru/>

## **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ**

1. Модель UAM (Upper Atmosphere Model). – Режим доступа: <https://uamod.wordpress.com>
2. Российская астрономическая сеть. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru>
3. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA). – Режим доступа: <https://www.nasa.gov/>
4. Центр космических полетов имени Годдарда (GoddardSpaceFlightCenter, GSFC) – исследовательской лаборатории NASA (США). Режим доступа: <https://www.nasa.gov/goddard>
5. Лаборатория спутниковой океанографии (РГГМУ). – Режим доступа: <http://www.solab.rshu.ru/>
6. Виртуальная лаборатория дистанционного обучения спутниковой метеорологии. – Режим доступа: <http://www.meteorlab.meteorf.ru/>
7. Спутниковые снимки NASA в высоком качестве. – Режим доступа: <https://www.worldview.earthdata.nasa.gov/>
8. Стэнфордский Центр Солнца. Режим доступа: <http://solar-center.stanford.edu/>
9. Спутниковые снимки в высоком разрешении. – Режим доступа: <http://meteosputnik.ru/>
10. Сервис визуализации атмосферы и океанических течений на базе американской компьютерной модели GFS (GlobalForecastSystem). – Режим доступа: <http://earth.nullschool.net/>
11. Сервис визуализации атмосферы на базе американской компьютерной модели GFS (GlobalForecastSystem) и модели Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF). – Режим доступа: <http://www.windytv.com>
12. Сервис визуализации атмосферы на базе моделей ICON (Германия), GFS (США) и GEM (Канада). – Режим доступа: <https://www.ventusky.com/>
13. Сервис прогнозирования метеорологической погоды, работающий на базе модели Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF). – Режим доступа: <https://www.foreca.ru>
14. Сервис прогнозирования метеорологической погоды, также использующий модель ECMWF. – Режим доступа: <https://www.wunderground.com/intellicast>
15. Сервис для получения прогностических метеограмм для любой точки Земли в текстовом и графическом форматах, в том числе с использованием модели GFS. – Режим доступа: <https://www.meteoPT.com>
16. Сервис прогнозирования метеорологической погоды, использующий модели CFS. – Режим доступа: <https://www.tropicaltidbits.com>
17. Сервис прогнозирования метеорологической погоды для Европы и Азии,

использующий модели CFS. – Режим доступа: <https://www.meteoweb.ru>

18. Гидрометцентр России – доступ к снимкам с геостационарных метеорологических спутников. – Режим доступа: <https://www.meteoinfo.ru>

19. Анимация спутниковых снимков за 15 минут (каждые 5 минут обновляется карта грозоотметок). – Режим доступа: <https://www.kachelmannwetter.com>

20. Сервис доступа к картам по практически всем известным глобальным и региональным метеорологическим моделям. – Режим доступа: <https://www.meteociel.fr>

21. Погода и прогноз погоды по всему миру. – Режим доступа: <https://www.pogodaonline.ru>

22. Сервис доступа к метеорологическим данным. – Режим доступа: <https://www.cci-reanalyzer.org/>

23. Библиотека климатических данных. – Режим доступа: <https://www.columbia.edu>

24. Физическая научная лаборатория NOAA (NOAA PSL). – Режим доступа: <https://www.psl.noaa.gov/>

25. Национальный центр данных снега и льда. Режим доступа: <https://www.nsidc.org>

26. Национальный центр спутниковых применений и исследований NOAA (The Center for Satellite Applications and Research). – Режим доступа: <https://www.star.nesdis.noaa.gov/star/aboutSTAR.php>

27. Национальный Центр погоды. – Режим доступа: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

28. Ресурс прогнозирования метеорологической погоды – Режим доступа: <https://www.weatherbell.com/>

## **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.