МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**
**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет**
**им. Н.И. Лобачевского»**

**Высшая школа общей и прикладной физики**
(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ _____ Е.Д. Господчиков

«____» _____ 2020 г.

# Рабочая программа дисциплины

# Геофизическая электродинамика

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы
профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2020

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Геофизическая электродинамика» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП и является дисциплиной по выбору для освоения в восьмом семестре четвертого года обучения в бакалавриате.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- формирование у студентов современного представления об основных физических явлениях в околоземном космическом пространстве и методах их описания,
- ознакомление студентов с практическими применениями физических наук в этой области,
- формирование у студентов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|
| **ПК-2**<br>способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта<br>(этап освоения – **завершающий**) | *З1 (ПК-2) Знать* основные направления современных научных исследований в области физики околоземного космического пространства в контексте характеристик современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта<br>*У1 (ПК-2) Уметь* самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики околоземного космического пространства и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.<br>*В1 (ПК-2) Владеть* навыками проведения научных исследований в области физики околоземного космического пространства с учетом характеристик и возможностей современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта. |
| **ПК-3**<br>готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований<br>(этап освоения – **завершающий**) | *У2(ПК-3) Уметь* свободно применять полученные знания по физике физики околоземного космического пространства для решения научно-инновационных задач, связанных с влиянием солнечного ветра на структуру магнитосферы, с ускорением частиц в магнитосфере, с неустойчивостями плазмы и их ролью в динамике магнитосферы.<br>*В2 (ПК-3) Владеть* методами описания плазмы в околоземном космическом пространстве. |

## 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 74 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов подготовка к экзамену, 34 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,**<br><br>**форма промежуточной аттестации по дисциплине** | **Всего (часы)** | В том числе | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы** из них | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** |
| | | **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Занятия лабораторного типа** | **Всего** | |
| Тема 1 Структура околоземного космического пространства. Магнитосфера Земли. Методы описания | 12 | 4 | 4 | | 8 | 4 |
| Тема 2 Геомагнитное поле и заряженные частицы в околоземном пространстве | 12 | 4 | 4 | | 8 | 4 |
| Тема 3. Магнитосферная конвекция | 12 | 4 | 4 | | 8 | 4 |
| Тема 4. Магнитосферные циклотронные мазеры | 12 | 4 | 4 | | 8 | 4 |
| Тема 5. Квазилинейная теория космических циклотронных мазеров | 12 | 4 | 4 | | 8 | 4 |
| Тема 6. Нелинейная теория взаимодействия электронов с электромагнитной волной на циклотронном резонансе | 12 | 4 | 4 | | 8 | 4 |
| Тема 7. Применения теории магнитосферных циклотронных мазеров | 16 | 6 | 6 | | 12 | 4 |
| Тема 8. Альфвеновские волны и турбулентный альфвеновский погранслой в ионосфере | 18 | 6 | 6 | | 12 | 6 |
| в т.ч.текущий контроль | | | 4 | | | |
| Промежуточная аттестация – **Экзамен** | | | | | 2 | 36 |

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

## 4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

**Вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации** по итогам освоения дисциплины:

1) Магнитогидродинамическое описание плазмы.
2) Теорема вмороженности плазмы в магнитное поле.
3) Магнитное число Рейнольдса. Уравнение диффузии магнитного поля.
4) Дрейфовое описание движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле. Магнитный и электрический дрейф.

5) Адиабатические инварианты движения заряженных частиц в геомагнитном поле.
6) Геомагнитная ловушка и конус потерь.
7) Магнитосферная конвекция. Ускорение заряженных частиц в процессе конвекции.
8) Плазмосфера.
9) Овал полярных сияний.
10) Альфвеновские волны и альфвеновские вихри.
11) Импедансное граничное условие для МГД волн на ионосферной подложке.
12) Ионосферный альфвеновский резонатор.
13) Механизм возбуждения альфвеновских вихрей в ионосфере.
14) Явление убегающих электронов.
15) Свистовые волны.
16) Циклотронный резонанс электронов со свистовыми волнами.
17) Движение электронов, находящихся в циклотронном резонансе с монохроматической волной (вистлером). Фазовая плоскость и частота осцилляций электрона в потенциале волны.
18) То же, что и в п.17, в неоднородном магнитном поле; эффект ускорения электронов.
19) Критерий и инкремент циклотронной неустойчивости в случае двухтемпературной функции распределения электронов.
20) Квазилинейная теория магнитосферного циклотронного мазера.
21) Эволюция функции распределения электронов при развитии циклотронной неустойчивости в геомагнитной ловушке.
22) Двухуровневое приближение в теории циклотронной неустойчивости. Релаксационные колебания.
23) Магнитосферная лампа обратной волны.

## 6. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

*ПК-2:* способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы в том числе сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| *Знания*<br>*Знать* основные на- | отсутствие каких-либо | наличие грубых | знание основного | знание основного | знание основного | знание основного | знание основного и |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| правления современных научных исследований в области физики околоземного космического пространства в контексте характеристик современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта | знаний в рамках данного материала | ошибок при изложении основного материала | материала с рядом негрубых ошибок | материалом, однако с рядом заметных погрешностей | материала с незначительными погрешностями | материала без ошибок и погрешностей | дополнительного материала без ошибок и погрешностей |
| *Умения*<br>*Уметь* самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики околоземного космического пространства и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта. | Полная неспособность приступить к решению какой бы то ни было задачи в рамках указанного материала | Решение стандартных задач с грубыми ошибками. | Умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками | Умение решать стандартные задачи с неточностями, не носящими принципиального характера. | Умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями | Умение решать задачи повышенной сложности с незначительными погрешностями | Умение решать задачи повышенной сложности |
| *Навыки*<br>*Владеть* навыками проведения научных исследований в области физики околоземного космического пространства с учетом характеристик и возможностей современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта. | Полное отсутствие соответствующих навыков | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве однако с грубыми ошибками. | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с негрубыми ошибками | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с неточностями, не носящими принципиального характера | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с незначительными погрешностями в стандартных ситуациях | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с незначительными погрешностями в нестандартных ситуациях | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве в нестандартных ситуациях |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 20 % | 20 – 50 % | 50 – 70 % | 70-80 % | 80 – 90 % | 90 – 99 % | 100% |

*ПК-3*: готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| *Умения*<br>*Уметь* свободно применять полученные знания по физике физики околоземного | Полная неспособность приступить к решению | Решение стандартных задач с грубыми ошибками. | Умение решать стандартные задачи с негру- | Умение решать стандартные задачи с неточно- | Умение решать стандартные задачи с незначи- | Умение решать задачи повышенной сложности | Умение решать задачи повышенной сложности |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| космического пространства для решения научно-инновационных задач, связанных с влиянием солнечного ветра на структуру магнитосферы, с ускорением частиц в магнитосфере, с неустойчивостями плазмы и их ролью в динамике магнитосферы. | какой-бы то ни было задачи в рамках указанного материала | | быми ошибками | стячми, не носящими принципиального характера. | тельными погрешностями | с незначительными погрешностями | |
| *Навыки*<br>*Владеть* методами описания плазмы в околоземном космическом пространстве. | Полное отсутствие соответствующих навыков | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве, однако с грубыми ошибками. | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с негрубыми ошибками | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с неточностями, не носящими принципиального характера | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с незначительными погрешностями в стандартных ситуациях | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве с незначительными погрешностями в нестандартных ситуациях | Владение навыками анализа поведения плазмы в околоземном космическом пространстве в нестандартных ситуациях |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 20 % | 20 – 50 % | 50 – 70 % | 70-80 % | 80 – 90 % | 90 – 99 % | 100% |

## 6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопроса курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение двух задач по различным разделам курса.

| **Оценка** | **Уровень подготовки** |
|---|---|
| Превосходно | Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уве- |

| | |
|---|---|
| | ренно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач.<br>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий |
| Отлично | Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач.<br>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше |
| Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.<br>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%. |
| Хорошо | В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.<br>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%. |
| Удовлетворительно | Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач.<br>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%. |
| Неудовлетворительно | Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаме- |

| | |
|---|---|
| | натора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач.<br>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%. |
| Плохо | Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач.<br>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %. |

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

**Для оценивания результатов обучения в виде <u>знаний</u> используются следующие процедуры и технологии:**

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

**Для оценивания результатов обучения в виде <u>умений</u> и <u>владений</u> используются следующие процедуры и технологии:**

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

1. Магнитогидродинамическое описание плазмы.
2. Теорема вмороженности плазмы в магнитное поле.
3. Магнитное число Рейнольдса. Уравнение диффузии магнитного поля.
4. Дрейфовое описание движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле. Магнитный и электрический дрейф.
5. Адиабатические инварианты движения заряженных частиц в геомагнитном поле.
6. Геомагнитная ловушка и конус потерь.
7. Магнитосферная конвекция. Ускорение заряженных частиц в процессе конвекции.
8. Плазмосфера.
9. Овал полярных сияний.
10. Альфвеновские волны и альфвеновские вихри.

11. Импедансное граничное условие для МГД волн на ионосферной подложке.
12. Ионосферный альфвеновский резонатор.
13. Механизм возбуждения альфвеновских вихрей в ионосфере.
14. Явление убегающих электронов.
15. Свистовые волны.
16. Циклотронный резонанс электронов со свистовыми волнами.
17. Движение электронов, находящихся в циклотронном резонансе с монохроматической волной (вистлером). Фазовая плоскость и частота осцилляций электрона в потенциале волны.
18. То же, что и в п.17, в неоднородном магнитном поле; эффект ускорения электронов.
19. Критерий и инкремент циклотронной неустойчивости в случае двухтемпературной функции распределения электронов.
20. Квазилинейная теория магнитосферного циклотронного мазера.
21. Эволюция функции распределения электронов при развитии циклотронной неустойчивости в геомагнитной ловушке.
22. Двухуровневое приближение в теории циклотронной неустойчивости. Релаксационные колебания.
23. Магнитосферная лампа обратной волны.

**Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**:

Для оценки сформированности компетенции *ПК-2:*

Задача 1.1

Найти среднее ускорение заряженной частицы при движении в нейтральном токовом слое в присутствии слабого постоянного электрического поля.

Задача 1.2

Преобразовать выражение для инкремента кинетической циклотронной неустойчивости для произвольной функции распределения (ФР) к виду, аналогичному формуле для двухтемпературной максвелловской ФР.

Задача 1.3

Найти порог возбуждения и инкремент нарастания волн в магнитосферном мазере в режиме лампы обратной волны.

Для оценки сформированности компетенции *ПК-3:*

Задача 2.1

Исследовать устойчивость стационарной генерации в циклотронном мазере в трехуровневом приближении.

Задача 2.2

Обобщить критерий захвата электрона полем свистовой волны в неоднородном магнитном поле на случай волнового пакета с медленно изменяющейся частотой.

Задача 2.3

Найти и проанализировать вертикальный профиль «волнового сопротивления» (отношения электрического поля к магнитному) в ионосферном альфвеновском резонаторе на частотах максимума и минимума коэффициента отражения.

## 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся при реализации образовательных программ высшего образования в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 29.12.2017 г. №630-ОД.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Геофизическая электродинамика»

а) основная литература:


1) "Введение в физику плазмы [Электронный ресурс] : Учеб. пособие по курсу "Физика плазмы" / Чирков А.Ю. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006." - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5703828279.html
2) Общая и экологическая геофизика [Электронный ресурс] / Трухин В. И., Показеев К. В., Куницын В. Е. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922105418.html
3) Обратные задачи и методы их решения. Приложения к геофизике[Электронный ресурс] / А.Г. Ягола, Ван Янфей, И.Э. Степанова, В.Н. Титаренко - М. : Лаборатория знаний, . - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014966.html


б) дополнительная литература:


1) А.Г. Куликовский, Г.А. Любимов. Магнитная гидродинамика, М.:1962.-246 с.-6 экз.
2) К. Лонгмайр, Физика плазмы - М.: Атомиздат, 1966. - 341 с -5 экз.
3) Плазменная гелиогеофизика (в 2-х т.) / Ред. Л. М. Зеленый. М.: Физматлит, 2008. деканат ВШОПФ - 10 экз.
4) В. Ю. Трахтенгерц, М. Дж. Райкрофт, Свистовые и альфвеновские циклотронные мазеры в космосе, М.:Физматлит, 2011.; деканат ВШОПФ - 15экз.


---

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) А. Г. Демехов. Страничка *курса "Геофизическая электродинамика"* *(*http://aurora.appl.sci-nnov.ru/home/andrei/teach/ged.html *)*

2) А. Г. Демехов. *Задачи по курсу "Геофизическая электродинамика"* *(*http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/66.pdf *)*

3) A. Demekhov, *Cyclotron resonant interactions in space plasmas: generation of radiation and particle acceleration (https://astrosoma.wikispaces.com/2014+Lecture+plan+Demikhov)*, lectures given at School of Modern Astrophysics 2014

4) Иллюстрации: Схема земной магнитосферы (http://galspace.spb.ru/index19.html )

5) Курсы лекций

- Основы физики космической плазмы (СПбГУ, http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_BACHELOR/SolarPhysics2.html )
- Основы физики солнца (СПбГУ, http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_BACHELOR/SolarPhysics3.html )
- Физика магнитосферы (СПбГУ, http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_MASTER/MagSpher_PhysMagnitSpher_Sem.html)
- Магнитосферные возмущения (СПбГУ, http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_MASTER/MagSpher_MagnVozm_Serg.html)
- Физика высокоширотной ионосферы и полярные сияния (СПбГУ, http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_MASTER/MagSpher_Ionosph_Kot.html)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Автор _____ А. Г. Демехов

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»
от _____ года, протокол № _____.

Председатель методической комиссии _____ А.М. Фейгин