

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

Программа утверждена решением президиума
Ученого совета ННГУ
протокол от «14» декабря 2021г. № 4.

Рабочая программа дисциплины

Геофизическая электродинамика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная физика

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 «Геофизическая электродинамика» относится к дисциплинам по выбору ООП направления подготовки 03.03.02 Физика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	Демонстрация способности применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	<p>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</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	Собеседование и задачи (практические задания)

ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	Демонстрация способности использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	<p>Обладать необходимыми профессиональными знаниями в области геофизической электродинамики для реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов</p> <p>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.</p> <p>Владеть методами описания плазмы в околоземном космическом пространстве.</p>	Собеседование и задачи (практические задания)
--	--	--	---

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	2
самостоятельная работа	34
Промежуточная аттестация	36
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	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	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1 Структура околоземного космического пространства. Магнитосфера Земли. Методы описания	12	4	4	0	8	4
Тема 2 Геомагнитное поле и заряженные частицы в околоземном пространстве	12	4	4	0	8	4
Тема 3. Магнитосферная конвекция	12	4	4	0	8	4
Тема 4. Магнитосферные циклотронные мазеры	12	4	4	0	8	4
Тема 5. Квазилинейная теория космических циклотронных мазеров	12	4	4	0	8	4
Тема 6. Нелинейная теория взаимодействия электронов с электромагнитной волной на циклотронном резонансе	12	4	4	0	8	4
Тема 7. Применения теории магнитосферных циклотронных мазеров	16	6	6	0	12	4
Тема 8. Альфвеновские волны и турбулентный альфвеновский погранслои в ионосфере	18	6	6	0	12	6
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	144	36	36	0	74	34

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

Разбор решения задач различной степени сложности, проведение обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в соответствующей области знаний. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 8 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение знаний и умений при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

- компетенций:

ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин;

ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа			ошибок	ых ошибок		
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя

		бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код формируемой компетенции
1. Магнитогидродинамическое описание плазмы.	ПК-2, ПК-4
2. Теорема вмороженности плазмы в магнитное поле.	ПК-2, ПК-4
3. Магнитное число Рейнольдса. Уравнение диффузии магнитного поля.	ПК-2, ПК-4
4. Дрейфовое описание движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле. Магнитный и электрический дрейф.	ПК-2, ПК-4
5. Адиабатические инварианты движения заряженных частиц в геомагнитном поле.	ПК-2, ПК-4
6. Геомагнитная ловушка и конус потерь.	ПК-2, ПК-4
7. Магнитосферная конвекция. Ускорение заряженных частиц в процессе конвекции.	ПК-2, ПК-4
8. Плазмосфера.	ПК-2, ПК-4
9. Овал полярных сияний.	ПК-2, ПК-4
10. Альфвеновские волны и альфвеновские вихри.	ПК-2, ПК-4
11. Импедансное граничное условие для МГД волн на ионосферной подложке.	ПК-2, ПК-4
12. Ионосферный альфвеновский резонатор.	ПК-2, ПК-4
13. Механизм возбуждения альфвеновских вихрей в ионосфере.	ПК-2, ПК-4
14. Явление убегающих электронов.	ПК-2, ПК-4
15. Свистовые волны.	ПК-2, ПК-4
16. Циклотронный резонанс электронов со свистовыми волнами.	ПК-2, ПК-4
17. Движение электронов, находящихся в циклотронном резонансе с монохроматической волной (вистлером). Фазовая плоскость и частота	ПК-2, ПК-4

осцилляций электрона в потенциале волны.	
18. То же, что и в п.17, в неоднородном магнитном поле; эффект ускорения электронов.	ПК-2, ПК-4
19. Критерий и инкремент циклотронной неустойчивости в случае двухтемпературной функции распределения электронов.	ПК-2, ПК-4
20. Квазилинейная теория магнитосферного циклотронного мазера.	ПК-2, ПК-4
21. Эволюция функции распределения электронов при развитии циклотронной неустойчивости в геомагнитной ловушке.	ПК-2, ПК-4
22. Двухуровневое приближение в теории циклотронной неустойчивости. Релаксационные колебания.	ПК-2, ПК-4
23. Магнитосферная лампа обратной волны.	ПК-2, ПК-4

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

Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4, 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.

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. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

- 1) "Введение в физику плазмы [Электронный ресурс] : Учеб. пособие по курсу "Фи-зика 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 (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 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)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами

обучения: 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.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): А. Г. Демехов

Заведующий кафедрой:

Программа одобрена на заседании методической комиссии
ВШОПФ от 30.06.2021, протокол № 3.