

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Геофизическая электродинамика

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01.04 Геофизическая электродинамика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Демонстрация способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: 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 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. 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.	Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ПК-3: Способен	ПК-3.1: Демонстрация	ПК-3.1:	Задачи	

свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности	способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности	Обладать необходимыми знаниями из разделов физики, необходимых для решения научно-инновационных задач Уметь свободно применять полученные знания по физике 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. Владеть методами описания плазмы в околоземном космическом пространстве.		Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
--	--	---	--	---

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>22</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора	Всего	

			торные работы), часы		
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Структура околоземного космического пространства. Магнитосфера Земли. Методы описания	8	4	2	6	2
Тема 2 Геомагнитное поле и заряженные частицы в околоземном пространстве	8	4	2	6	2
Тема 3. Магнитосферная конвекция	8	4	2	6	2
Тема 4. Магнитосферные циклотронные мазеры	8	4	2	6	2
Тема 5. Квазилинейная теория космических циклотронных мазеров	8	4	2	6	2
Тема 6. Нелинейная теория взаимодействия электронов с электромагнитной волной на циклотронном резонансе	10	4	2	6	4
Тема 7. Применения теории магнитосферных циклотронных мазеров	10	4	2	6	4
Тема 8. Альфвеновские волны и турбулентный альфвеновский погранслой в ионосфере	10	4	2	6	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	32	16	50	22

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Структура околоземного космического пространства. Магнитосфера Земли. Методы описания

Тема 2 Геомагнитное поле и заряженные частицы в околоземном пространстве

Тема 3. Магнитосферная конвекция

Тема 4. Магнитосферные циклотронные мазеры

Тема 5. Квазилинейная теория космических циклотронных мазеров

Тема 6. Нелинейная теория взаимодействия электронов с электромагнитной волной на циклотронном резонансе

Тема 7. Применения теории магнитосферных циклотронных мазеров

Тема 8. Альфвеновские волны и турбулентный альфвеновский погранслой в ионосфере

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

1) "Введение в физику плазмы [Электронный ресурс] : Учеб. пособие по курсу "Физи-ка 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, . -

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](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](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](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](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](http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_MASTER/MagSpher_Ionosph_Kot.html) )

**5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Решите задачи. Запишите решение.

**Задача 1** Записать уравнение баланса давлений на границе магнитосферы Земли.

Решение:

**Задача 2** Найти величину магнитного поля в экваториальной плоскости вблизи магнитопauses в дипольном приближении.

Решение:

**Задача 3** Вычислить электронную циклотронную частоту в экваториальной плоскости на  $L = 4.4$ .

Решение:

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Решите задачи. Запишите решение.

**Задача 7** Записать уравнения движения нерелятивистской заряженной частицы в однородном внешнем магнитном поле  $\vec{B}$  и поле циркулярно поляризованной монохроматической волны с показателем преломления  $n$ , распространяющейся вдоль  $\vec{B}$ .

Решение:

**Задача 8** Найти интеграл движения заряженной частицы в однородном внешнем магнитном поле  $\vec{B}$  и поле циркулярно поляризованной монохроматической волны с показателем преломления  $n$ , распространяющейся вдоль  $\vec{B}$ . Пренебречь слагаемым, пропорциональным амплитуде волны, в уравнении для фазы частицы относительно волны, использовать нерелятивистское приближение.

Решение:

**Задача 9** Найти интеграл движения заряженной частицы, захваченной полем циркулярно поляризованной монохроматической волны, распространяющейся вдоль неоднородного внешнего магнитного поля  $\vec{B}$ .

Решение:

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все

Оценка	Критерии оценивания
	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	и. Ошибок нет.	
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»



### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Магнитогидродинамическое описание плазмы.
2. Теорема вмерзновенности 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.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

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.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие

Оценка	Критерии оценивания
	минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Решите задачи. Запишите решение.

**Задача 1** Записать уравнение баланса давлений на границе магнитосферы Земли.

Решение:

**Задача 2** Найти величину магнитного поля в экваториальной плоскости вблизи магнитопauses в дипольном приближении.

Решение:

**Задача 3** Вычислить электронную циклотронную частоту в экваториальной плоскости на  $L = 4.4$ .

Решение:

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Решите задачи. Запишите решение.

**Задача 7** Записать уравнения движения нерелятивистской заряженной частицы в однородном внешнем магнитном поле  $\vec{B}$  и поле циркулярно поляризованной монохроматической волны с показателем преломления  $n$ , распространяющейся вдоль  $\vec{B}$ .

Решение:

**Задача 8** Найти интеграл движения заряженной частицы в однородном внешнем магнитном поле  $\vec{B}$  и поле циркулярно поляризованной монохроматической волны с показателем преломления  $n$ , распространяющейся вдоль  $\vec{B}$ . Пренебречь слагаемым, пропорциональным амплитуде волны, в уравнении для фазы частицы относительно волны, использовать нерелятивистское приближение.

Решение:

**Задача 9** Найти интеграл движения заряженной частицы, захваченной полем циркулярно поляризованной монохроматической волны, распространяющейся вдоль неоднородного внешнего магнитного поля  $\vec{B}$ .

Решение:

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Введение в физику плазмы: Учеб. пособие по курсу "Физика плазмы" / Чирков А.Ю. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=642434&idb=0>.
2. Общая и экологическая геофизика. / Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. - Москва : Физматлит, 2005., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=634824&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Куликовский Андрей Геннадиевич. Магнитная гидродинамика. - М. : Физматгиз, 1962. - 246 с. : черт. - 0.81., 3 экз.
2. Лонгмайр Конрад Л. Физика плазмы : элементар. курс / пер. с англ. О. П. Бегучева. - М. : Атомиздат, 1966. - 341 с. - 1.34., 3 экз.
3. Плазменная гелиогеофизика : [в 2 т.]. - М. : Физматлит, 2008-. Плазменная гелиогеофизика. Т. 1 / под ред. Л. М. Зеленого и И. С. Веселовского. - М., 2008. - 672 с. - Библиогр.: с. 587 - 663. - Предм. указ.: с. 664 - 670. - ISBN 978-5-9221-1040-2 : 220.00., 1 экз.
4. Плазменная гелиогеофизика : [в 2 т.]. - М. : Физматлит, 2008-. Плазменная гелиогеофизика. Т. 2 / под ред. Л. М. Зеленого и И. С. Веселовского. - М., 2008. - 560 с. - Библиогр.: с. 495 - 553. - Предм. указ.: с. 554 - 559. - ISBN 978-5-9221-1041-9 : 190.00., 1 экз.
5. Трахтенгерц Виктор Юрьевич. Свистовые и альфвеновские циклотронные мазеры в космосе = Whistler and Alfven Mode Cyclotron Masers in Space / пер. с англ. А. Г. Демехова. - М. : Физматлит, 2011. - 344 с. - ISBN 978-5-9221-1359-5 (рус.) : 250.00., 1 экз.

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) А. 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](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](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](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](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](http://geo.phys.spbu.ru/Education_rus/EDUCATION_MASTER/MagSpher_Ionosph_Kot.html) )

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 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.

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 по направлению подготовки/специальности 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Демехов Андрей Геннадьевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.