

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

---

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

---

Электромагнитные волны в плазме  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
бакалавриат  

---

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
03.03.03 Радиофизика  

---

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы  
Фундаментальная радиофизика  

---

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения  
очная  

---

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.04.02, электромагнитные волны в плазме</i> относится к части ООП направления подготовки <i>03.03.03 Радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

## 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-1. Способен анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	ПК-1.1. Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. ПК-1.2. Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	Знать: основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач с применением теории распространения электромагнитных волн в плазме.  Уметь: использовать современные методы и информационно-коммуникационные технологии и с учетом основных требований информационной безопасности для решения профессиональных задач в области теории распространения электромагнитных волн в однородной плазме.  Владеть: базовыми навыками решения задач в области теории распространения электромагнитных волн в плазме.	<i>Собеседование, задачи</i>
ПК-2. Способен осваивать и применять новейшие	ПК-2.1. Обладает базовыми знаниями, необходимыми для	Знать: возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области	<i>Собеседование, задачи</i>

методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики. ПК-2.2. Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	теории волн в хаотически неоднородных средах.	
---	---	---	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>22</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>49</b>
<b>КСР</b>	<b>1</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		самос	ятел	ная	работ	буча
		цего	час			

разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
1. Введение	2						1						1			1		
2. Основы электродинамики диспергирующих сред	17						5						5			12		
3. Модели описания плазмы	20						6						6			14		
4. Волны в изотропной плазме	12						4						4			8		
5. Волны в магнитоактивной плазме	20						6						6			14		
В т.ч. текущий контроль	1						1						1					
Промежуточная аттестация - <b>Зачет</b>																		

Содержание разделов дисциплины

1. Введение.

Что такое плазма. Параметры плазмы. Основные свойства плазмы: квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные процессы. Плазменный параметр.

2. Основы электродинамики диспергирующих сред.

Уравнения электромагнитного поля в среде. Тензоры комплексной проводимости и диэлектрической проницаемости. Энергия электромагнитного поля в среде. Дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в среде. Начальная и граничная задачи. Показатель преломления. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости. Уравнение переноса энергии волны.

3. Модели описания плазмы.

Модель движения отдельных частиц. Движение заряженных частиц в электрическом и постоянном однородном магнитном полях. Тензор диэлектрической проницаемости. Магнитогидродинамическое описание плазмы. Вмороженность магнитного поля в проводящую среду. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем. Квазигидродинамическое описание плазмы. Столкновения в плазме. Интеграл упругих столкновений Больцмана.

4. Волны в изотропной плазме.

Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы в квазигидродинамическом приближении. Поперечные волны в изотропной плазме. Продольные плазменные (ленгмюровские) волны. Низкочастотные продольные (ионно-звуковые и ионные

ленгмюровские) волны. Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы, вывод с помощью кинетического уравнения. Затухание Ландау.

#### 5. Волны в магнитоактивной плазме.

Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме. Обыкновенная и необыкновенная волны. Продольное и поперечное распространение. Случай распространения под произвольным углом к магнитному полю. Квазипродольное и квазипоперечное распространение. Продольные волны в магнитоактивной плазме. Свистящие атмосферники. Учет влияния ионов на свойства продольных волн в магнитоактивной плазме. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме, магнитогидродинамическое рассмотрение.

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

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении зачёта по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники (монографии) и учебные пособия, а также конспекты лекций.

### 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 вследствие отказа обучающегося от ответа	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 ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений.	При решении стандартных задач не	Продemonстрированы основные	Продemonстрированы все основные	Продemonстрированы все основные	Продemonстрированы все основные	Продemonстрированы все основные

	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	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
	<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>зачтено</b>	<b>отлично</b>	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»
	<b>очень хорошо</b>	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»
	<b>хорошо</b>	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»
	<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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
--	--------------	---

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

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Основные свойства плазмы: квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные процессы.	ПК-1
2. Дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в среде.	ПК-1
3. Показатель преломления.	ПК-1
4. Фазовая и групповая скорости волн	ПК-1
5. Уравнение переноса энергии волны.	ПК-1
6. Описание плазмы в модели движения отдельных частиц. Тензор диэлектрической проницаемости.	ПК-1
7. Магнитогидродинамическое описание плазмы. Вмороженность магнитного поля в проводящую среду.	ПК-1
8. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем.	ПК-1
9. Квазигидродинамическое описание плазмы.	ПК-1
10. Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы в квазигидродинамическом приближении.	ПК-1
11. Поперечные волны в изотропной плазме.	ПК-2
12. Продольные плазменные (ленгмюровские) волны.	ПК-2
13. Низкочастотные продольные (ионно-звуковые и ионные ленгмюровские) волны.	ПК-2
14. Затухание Ландау.	ПК-2
15. Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме. Обыкновенная и необыкновенная волны.	ПК-2
16. Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме, продольное и поперечное распространение.	ПК-2
17. Квазипродольное и квазипоперечное распространение высокочастотных волн в магнитоактивной плазме.	ПК-2

18. Продольные волны в магнитоактивной плазме.	ПК-2
19. Свистящие атмосферерики.	ПК-2
20. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме. Рассмотрение на основе общего дисперсионного уравнения.	ПК-2
21. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме, магнитогидродинамическое рассмотрение.	ПК-2

### 5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача 1.

Вывести выражения для групповых скоростей альвеновских, быстрых магнитозвуковых и медленных магнитозвуковых волн.

Задача 2.

Вывести дисперсионное уравнение для продольных (ленгмюровских и ионнозвукковых) волн в плазме без магнитного поля в квазигидродинамическом приближении.

### 5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задача 1.

На основе уравнения Пуассона вывести выражения для потенциала точечного заряда в плазме и радиуса дебаевского экранирования.

Задача 2.

Вывести выражение для частоты ленгмюровских колебаний в плазме.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гинзбург В. Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М. Наука, 1967. – 95 экз.
2. Гинзбург В. Л., Рухадзе А. А. Волны в магнитоактивной плазме. М.: Наука, 1970. – 36 экз.
4. Кадомцев Б. Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1976. – 26 экз.
5. С.М. Грач, Г.Х. Каменецкая. Волны в плазме (вводный курс). Часть 1. Н. Новгород: Фонд компьютерных изданий учебно-методических разработок ННГУ, 2002, [http://www.unn.ru/rus/books/met\\_files/grach.pdf](http://www.unn.ru/rus/books/met_files/grach.pdf), 84 с.
6. С.М. Грач. Волны в плазме (вводный курс). Учебное пособие. Н.Новгород. 2009. Издательство Нижегородского университета. 113 с.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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 – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор (ы) Грач С.М.

Рецензент (ы) Грибова Е.З.

Заведующий кафедрой Гавриленко В.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.