

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Электромагнитные волны в плазме

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная радиофизика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Электромагнитные волны в плазме 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 анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики	<p>ПК-1.1: Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-1.2: Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать: основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач с применением теории распространения электромагнитных волн в плазме.</p> <p>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.</p> <p>Владеть: базовыми навыками решения задач в области теории распространения электромагнитных волн в плазме.</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать: основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач с применением теории</p>	<p>Задачи</p> <p>Собеседование</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>

		<p>распространения электромагнитных волн в плазме.</p> <p>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.</p> <p>Владеть: базовыми навыками решения задач в области теории распространения электромагнитных волн в плазме.</p>		
<p>ПК-2: Способен осваивать и применять новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.1: Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики</p> <p>ПК-2.2: Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.1: Знать: возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области теории волн в хаотически неоднородных средах.</p> <p>ПК-2.2: Знать: возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области теории волн в хаотически неоднородных средах.</p>	Задачи Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	22

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	49
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

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			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Введение	2	1		1	1
Тема 2. Основы электродинамики диспергирующих сред	17	5		5	12
Тема 3. Модели описания плазмы	20	6		6	14
Тема 4. Волны в изотропной плазме	12	4		4	8
Тема 5. Волны в магнитоактивной плазме	20	6		6	14
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	22	0	23	49

Содержание разделов и тем дисциплины

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 атмосферерики. 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

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.

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 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:

Список задач для текущего контроля совпадает со списком задач для промежуточной аттестации.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Список задач для текущего контроля совпадает со списком задач для промежуточной аттестации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения,

Оценка	Критерии оценивания
	<p>владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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»</p>
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Список вопросов для собеседования совпадает со списком контрольных вопросов.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Список вопросов для собеседования совпадает со списком контрольных вопросов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	<p>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 ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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»</p>

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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 отдельным и 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

Шкала оценивания 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».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	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. Основные свойства плазмы: квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные процессы.
2. Дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в среде.
3. Показатель преломления.
4. Фазовая и групповая скорости волн
5. Уравнение переноса энергии волны.
6. Описание плазмы в модели движения отдельных частиц. Тензор диэлектрической проницаемости.
7. Магнитогидродинамическое описание плазмы. Вмороженность магнитного поля в проводящую среду.
8. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем.

9. Квазигидродинамическое описание плазмы.

10. Диэлектрическая проницаемость изотропной плазмы в квазигидродинамическом приближении.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Поперечные волны в изотропной плазме.

2. Продольные плазменные (ленгмюровские) волны.

3. Низкочастотные продольные (ионно-звуковые и ионные ленгмюровские) волны.

4. Затухание Ландау.

5. Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме. Обыкновенная и необыкновенная волны.

6. Высокочастотные волны в магнитоактивной плазме, продольное и поперечное распространение.

7. Квазипродольное и квазипоперечное распространение высокочастотных волн в магнитоактивной плазме.

8. Продольные волны в магнитоактивной плазме.

9. Свистящие атмосферы.

10. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме. Рассмотрение на основе общего дисперсионного уравнения.

11. Низкочастотные волны в магнитоактивной плазме, магнитогидродинамическое рассмотрение.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - 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 ионнозвучковых) волн в плазме без магнитного поля в квазигидродинамическом приближении.

Задача 3.

На основе выражения для показателя преломления свистящих атмосфериков получить выражения для компонент их групповой скорости. Доказать теорему стори.

Задача 4

На основе общего выражения для показателя преломления высокочастотных электромагнитных волн в плазме с постоянным магнитным полем вывести выражение для показателя преломления для случая продольного (вдоль магнитного поля) и поперечного распространения.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - 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.

Задача 3

Вывести дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в плазме.

Задача 4.

Вывести выражения для фазовой и групповой скоростей электромагнитных (поперечных) и ленгмюровских (продольных) волн в плазме без магнитного поля.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Гинзбург Виталий Лазаревич. Распространение электромагнитных волн в плазме. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1967. - 683 с. : с черт. - 3.01., 95 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Волны в магнитоактивной плазме. - М. : Наука, 1970. - 207 с. : с черт. - (Современные проблемы физики). - 0.70., 36 экз.
3. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме / [АН СССР, Моск. физ.-техн. ин-т]. - М. : Наука, 1976. - 238 с. : ил. - (Современные физико-технические проблемы). - 1.11., 26 экз.
4. Грач С. М. Волны в плазме (вводный курс). Часть 1 : учебное пособие. Ч. 1. Волны в плазме (вводный курс). Часть 1 / Грач С. М., Каменецкал Г. Х. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2002. - 84 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730410&idb=0>.
5. Грач Савелий Максимович. Волны в плазме : (вводный курс) : учеб. пособие. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2009. - 113 с. - ISBN 978-5-91326-108-3 : 123.77., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме / [АН СССР, Моск. физ.-техн. ин-т]. - М. : Наука, 1976. - 238 с. : ил. - (Современные физико-технические проблемы). - 1.11., 26 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Грач Савелий Максимович, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы): Грибова Евгения Зиновьевна, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Бакунов Михаил Иванович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 года, протокол № 09/23.